TED

TED 思想的力量系列

我们为什么要去火星？

HOW WE'LL LIVE ON MARS

Stephen Petranek

[美] 斯蒂芬·彼得拉内克 著

赵敏 译

中信出版集团 · CHINACITICPRESS

版权信息

书名:我们为什么要去火星?

作者:[美]斯蒂芬·彼得拉内克

译者:赵敏

ISBN:9787508661384

中信出版集团制作发行

尽管写火星和星际旅行的读物并不鲜见，但这本8万字的读物所展现的严肃的思考、开阔的视野和精准的表达都是常见科普读物难以企及的。

本书将相当的笔墨都着色于两位已经并将会继续对人类生活产生重大影响的人物：科学天才冯·布劳恩与被称为“来自未来的人”的埃隆·马斯克。通过他们对人类探索火星历程的卓越工作和超凡勇气的生动描述，天成一部人类探索火星的简明百科。

北京师范大学天文系 张保洲

从1609年伽利略首次用望远镜观测星空，人类就开始将目光对准了浩瀚的宇宙。1952年，“导弹之父”冯·布劳恩出版了小说《火星计划》，大胆提出登陆火星的设想。如今，这本《我们为什么要去火星？》的出版，让我们看到人类从未停止过太空探索的步伐，更不缺少征服太空的勇气。

中国科学院国家天文台 姜晓军

前言
梦想

这是一则预言：

2027年，经过243天漫长的宇宙航行，两艘分别名为“猛禽1号”、“猛禽2号”的宇宙飞船将抵达火星。在“猛禽1号”降落的历史时刻，预计将有一半以上的地球人会观看实况转播，大部分人聚集在户外大型液晶屏幕旁屏气凝神。由于地球和火星相距遥远，这一重要时刻的转播信号会有20分钟的延迟，所以地球上的人们看到的影像，其实来自于不同的时间和空间：在人们看到宇宙飞船降落地表的那一刻，如果稍有闪失，4名外太空宇航员可能已经殒命火星了。

但如果一切顺利的话，那么将近10年的翘首以待会在这一刻成为现实：伴随着冲击气流激起的红色尘埃，宇宙飞船缓缓地向火星地表降落。当全世界的观众都在焦急等待之时，新闻播音员带领观众回顾多年前曾震惊世界并让美国宇航局蒙羞的紧急会议。在那次会议上，推动这个非政府火星探测计划的公司宣布：他们将建造一系列巨型火箭，用以执行载人登陆火星计划，并将在10年内发射其中的1～2枚，将电影《火星救援》中的火星登陆变成现实。当时美国宇航局预测至少还需要两年，才能进行火星探测飞船的载人飞行实验。

随着“猛禽1号”在火星赤道附近一个巨大陨石坑的降落，宇航员已经提前在做着登陆的准备。时间宝贵，如果第一次登陆尝试顺利的话，“猛禽2号”将带着更多的探险者在几个小时之内抵达。宇航员们的首要任务是在火星上建造一个营地，拆卸飞船带来的大量货物。他们还必须将“房子”充好气，这些“房子”是一些由特殊材料制成的半球形

压缩帐篷，这将是他们在火星上的临时生活场所以及培植作物的温室。

火星和地球在很多方面比较相似，例如地形。火星的地形与地球南极洲干谷和夏威夷火山附近的高山荒漠极为相像。而在其他诸多方面，火星则是一个充满了挑战性的星球。尽管火星上的一天只比地球多39分钟25秒，但火星的一年长达687天，所以每个季节的长度都会比地球增加一倍；由于火星的公转轨道是椭圆形的，这使得火星上从冬季到夏季的季节变化非常极端，并且南半球夏季虽然相对温暖，但冬季比北半球更冷。因此，火星的移民们打算在火星赤道附近建立两个基地：在南半球建立一个夏季基地，在北半球建立一个冬季基地。

但眼下，这批首次登陆火星的地球人必须马上着手开始他们最紧要的任务：在24小时内找到水源。他们必须查证，火星表层土壤（风化层）里是否如美国宇航局的探测器所勘探的那样，蕴藏着大量水源。因为，宇航员不仅需要给身体补充水分，还需要通过水来产生呼吸必备的氧气。为了方便寻找水源，宇航员们专门选择了美国宇航局曾探测到的覆盖着平滑冰层的一个陨石坑作为降落点。而如果这些平滑物质不是固态水，他们就需要在附近找到一个风化层中含有较高水分的地点。若在火星地表不能找到符合要求的水源，宇航员们将利用地面穿透雷达（SPR）寻找地下水，并进行钻取。

在下一批宇宙飞船到达之前（大约两年以后），宇航员们必须搭建一些坚固耐用的建筑物，建筑材料可能是由火星风化层制成的砖。尽管当天是个晴天，气温约有10℃，相对温暖，但随着黑夜的降临，气温会急剧下降，使得人们如同置身于天气恶劣时的地球南极。由于降落点位于火星赤道附近，宇航员们可以享受到相对温和的气候，夏季最高温度可以达到21℃，但夜晚的温度仍然经常低至零下37℃以下。因此宇航员们需要建筑物来抵御严寒，同时隔离太阳射线的伤害——火星稀薄的大气层几乎起不到抵挡辐射的作用。

如果宇航员们运气不佳，诸事不顺，例如找不到优质的水源、太阳光辐射比预期强烈、某个飞船在降落过程中损伤严重，宇航员们将休养生息，等待一个合适的发射窗口，开启返回地球的漫长旅程；否则，他们将只能永远留在那里。

首批火星探险者在远离家园4亿千米、几乎没有任何生存条件的星球上进行艰难的探索，就像人类的历代先祖一样，翻越高山，横跨大海，去开创新的生活。并且这些宇宙先驱的探索在各个方面都有着比历代先祖更加重大的意义——他们在火星的出现，代表了人类智慧的最高成就。

任何观看了1969年尼尔·阿姆斯特朗登陆月球直播的人都会告诉你，那一瞬间，仿佛整个地球都静止了。这一壮举带给人们的震惊是如此不可思议，以致有一些人认为那只是好莱坞的布景表演。当阿姆斯特朗的脚步踏上月球，人们开始说："我们连月亮都可以上去，那么任何事都难不倒我们。"他们的意思实际上应该是，我们可以在地球或者地球附近的空间完成任何事。而登陆火星则有着另一番重大意义：如果我们能登上火星，人类将能到达任何我们想去的地方。

火星登陆将使得像《星球大战》、《星际迷航》这样的科幻电影开始接近现实。火星登陆的成就也将使土星的卫星、木星的卫星变成人类可开发之地。人们甚至可能会掀起一场超过加利福尼亚"淘金热"的掘金狂潮。不管好与坏，重要的是，它极大地拓展了人类的视野，使我们可以摆脱地球重力的束缚自由想象。人类在火星的第一个足迹，无论是在科学技术、哲学还是探险等领域，都有着史无前例的重大意义，因为这意味着，人类将不再是单一星球的生物。

首批探险者们的尝试只是这个宏大计划的开端。我们不但要造访火星和建立基地，还要将火星改造成与地球类似的生存环境：我们将改造火星以二氧化碳为主的稀薄大气层，将氧气含量提高到人类可呼吸的浓度；我们会将平均气温从零下63℃提高到温和的零下7℃左

右；我们将使干枯的河床和湖泊重新充满流动水；我们将培育可以在火星高浓度二氧化碳环境中生长的温带植物。这一庞大的工程可能会持续上千年，但一旦成功，人类就将拥有地球之外的第二家园，一个崭新的未来疆域。正如人类曾经发现过的那些新大陆一样，改造后的火星将在资源条件、生活水平和吸引力方面超过地球本土。

这些宇宙先驱们开启的是一段对于未来意味深远的旅程，他们更加重大的使命是建立起一个维持整套火箭发射系统的星际社会。在火星低重力的条件下火箭发射相对容易，人类将有机会到太阳系之外更为遥远的空间去旅行。

这些火箭在不久的将来降落火星的一刹那，对于太空探索来说将是一个无比重大的时刻。这相当于开启了一份对人类未来的保险。人类在地球的生存环境面临着一系列重大威胁：生态破坏和核武器战争；任何一颗小行星的偶然撞击都可以毁灭地球上的大多数生命；而最终，当太阳寿终正寝、膨胀成红巨星的时候，整个地球都会被毁灭。在所有这些发生之前，人类必须成为具备星际旅行和生存能力的物种，我们不仅需要具备在另一个星球上生活的能力，最终还必须具备在另一个星系生存的能力。火星的首批移民将是人类能够幸存的希望。他们的小小营地将发展成定居点，甚至迅速繁衍出新的物种。运送他们的火箭也将被迅速成规模地制造。在几十年内发展5万名以上可以自行繁衍生息的火星居民，这是人类的首要目标。这样就算地球上的人类灭绝了，他们仍将继续守护人类的共同财富和成就。

事实上，早在30年前我们就具备了到达火星的可能性；而在“阿波罗11号”登月的10年后，人类就有可能登上火星。基本上所有登陆火星的条件都已具备，我们只是没有选择去抓住这个机会。

这个失误背后的故事是值得探究的：某位美国总统的一个决定阻碍了星际旅行数10年的发展，而人类可以将几乎所有想象变为现实的能力原本可以在很大程度上启发整整两代地球人——可能早在50年以

前我们就应该已经具备了将人类送到太阳系甚至是太阳系之外的能力。

现在，民间火箭研发和制造公司为人类的星际旅行打开了一扇新的窗户。也许不断探险是刻在人类基因里的一种本能。正如记录片《人类起源》中所讲述的一样，人类在6万年前就开始了探险——从走出非洲，到向着地平线不断前行，直到足迹遍布全球。也许探险本就与人类的生存息息相关。但向外探险也导致了殖民地的出现，导致了对异族文化的毁灭和对资源的掠夺。

在火星上定居将比大多数人所预想的要更快实现，并且是以一种不受控制的速度在演进。本书就是一场对我们已经具备开发火星能力这一惊人事实的试验性推演。同时，这本书也提醒我们，这个巨大的机会也伴随着无数的风险，我们必须从现在就开始思考如何应对。

第一章
《火星计划》

1926年，“现代火箭之父”——罗伯特·戈达德（Robert Goddard）发射了第一枚液体燃料驱动的火箭，发射高度约为13米。不知当时的他能否预见，在101年以后人类就会将足迹印在火星之上。研究的进程是不断推进的，我们可以往回追溯到“二战”期间，一个名叫韦纳·冯·布劳恩的前纳粹军官。冯·布劳恩（Wernher von Braun）拥有过人的火箭研究天赋，正是因为这天赋太过耀眼，引起了阿道夫·希特勒的关注，并最终为希特勒创造了震惊世界的恐怖武器。他基于罗伯特·戈达德的发明所设计的火箭（导弹），成功发射并在伦敦坠毁。但仅仅在先进的V－2复仇者导弹被发射并飞跃北海（大西洋东北部的边缘，由大不列颠岛等多个岛屿围成）4年之后的1948年，时年36岁的冯·布劳恩就和一群德国火箭科学家一起开始了在美国得克萨斯州布里斯堡的战犯生活。

美国军队将冯·布劳恩和他的工程师团队秘密带离德国，并严密监视起来，只有在卫兵的陪同下才能离开美军基地。因此，冯·布劳恩和他的团队只能将非凡的才华用于帮美国研究和建造弹道导弹，以打发时光，但他们依然时常无事可做。所以，作为世界上最先进的火箭研究计划的前带头人，冯·布劳恩决定针对他最爱的主题——宇宙空间探索——写一本书。这本书在相当长一段时间内都未能出版，直到1952年以《火星计划》（*Das Marsprojekt*）为名在德国出版。紧接着，伊利诺伊大学出版社于1953年出版了该书的英文版。直到今天，这本只有91页的简明手册依然是最具影响力的星际旅行指南。它从未过时，其中的很多内容还发挥着对人类火星登陆计划的指引作用。

冯·布劳恩在书中的设想十分宏大：整个飞行计划将有70人参与，组成一支包括10艘宇宙飞船的舰队，其中3艘货物飞船将不会返回地球。

“我想现在是时候来彻底推翻单级太空火箭理论及其鲁莽的星际冒险计划了，”冯·布劳恩写道，“像漂浮在轨道外的温水壶一样的装置永远不可能逃离地心引力飞向火星。”

冯·布劳恩计划在地球轨道上的空间站里建造宇宙飞船，设备和物料将通过46颗可重复使用的三级火箭进行运送。火箭的前两级会降落至地面，第三级则会飞回地球。冯·布劳恩在1948年完成了大部分计算并对未来进行了精准的预测，他预言了美国航天飞船，以及太空开发技术公司（Space Exploration Technologies Corporation）正在努力建造的可重复使用轨道火箭，一种可以在24小时内重新注入燃料并发射的火箭。1953年，冯·布劳恩进一步测算出要在空间站建造和发动这10艘宇宙飞船将需要至少990架摆渡飞机运送物资。

冯·布劳恩的火星旅行计划需要用到一种节省燃料的方法——霍曼转移轨道理论(注)。按照该方法，原本围绕圆形的地球轨道运行的宇宙飞船可以较为容易地启动引擎推进，即“一次燃烧”——逐渐加速并转换为一个近似于火星绕太阳公转的椭圆形轨道，然后与火星公转轨道连结。此后，飞船就以滑行的方式运行而不需要消耗燃料，直到快要接近火星时，第二次燃烧将启动，使飞船降低速度并进入绕火星飞行的轨道。这个过程有点像人猿泰山在从一棵树跳到另一棵距离较远的树上时，需先借助一根长藤蔓荡到两棵树中间，然后借助另一根短一些的藤蔓以选择树枝落脚。这种方法的关键在于精准地把握火星与地球轨道重合的时机。

向火星出发的合适的发射窗口大约每25个月会出现一次，但霍夫曼转移轨道节省燃料的滑行方式需要付出较长的时间代价，一次单程

航行就需要8个月时间。大约每隔15年，火星和地球会运行到距离较近的位置，从而可以大大缩减航行时间。现在也已经出现了其他的火星登陆理论，提出了一些节省火箭燃料的方法，包括通过大量燃料的集中燃烧以保持直线飞行，使总航程低于霍曼转移轨道。另外还有一些尚待验证的大胆理论，包括核聚变和核电力推进系统，如果这些方法可行，则可以将单程航行时间极大地缩减到90天以内。

按照冯·布劳恩的方式，宇航员抵达火星之后将不得不进行长达400天的停留探索，以等待地球运行到下一个合适的位置，才能实现再一次霍曼轨道转移并返航。

在《火星计划》被写就的年代，科学家们还远没发现范艾伦辐射带(注)的屏蔽效应（火星附近不存在高能电粒子）、长时间失重、严重的太阳辐射（冯·布劳恩曾对宇宙辐射进行测算）、火星的实际地形以及其他诸多影响因素，但已经对火星大气层密度的退化有了详细估算。苏联在1957年发射了“伴侣号”（Sputnik）人造卫星，比冯·布劳恩书中的预测提前了10年。冯·布劳恩在书中也坦言他并未考虑流星这个不确定因素，但已经意识到长时间失重对宇航员的影响，进而提出将舰队中的飞船用巨缆互相连接，使它们像很多个溜溜球一样，一个绕着另一个旋转，以制造出类似重力的作用。

美国宇航局的“水手4号”在1965年飘过火星时，传回了令人震惊的发现：第一，火星大气层远比科学家们预测的要稀薄，薄到几乎不存在；第二，火星上几乎是不可能有生物存在的。像20世纪60年代的大多数人一样，冯·布劳恩也幻想着火星的地下世界里可能存在着某些外星生物，他甚至在1949年以一种浪漫主义的、老掉牙的小说式笔调，在《火星计划》一书中对想象中的火星文明进行描绘。为了从火星轨道降落到火星地面，冯·布劳恩设计了小空间飞机，由于火星空气稀薄，这些飞机可能无法如愿起飞，但冯·布劳恩已经预想到可能会出现

诸如此类的意外困难，并提供了几套后备方案，例如这些飞机的机翼可以根据当时的具体情况选择自行脱落。

冯·布劳恩也考虑到在数月甚至数年的长时间飞行中，飞行员长期幽闭在狭小的封闭空间，可能会产生心理障碍。他设计了穿梭机，让飞行员在去往火星的漫长旅程中可以在飞船之间来回穿梭。在接下来的测算中，冯·布劳恩让载人飞船可以为每个人搭载12吨氧气、8吨食物和13吨饮用水，而且每艘飞船都可以循环利用废水，并回收蒸发到空气中的水分。

在《火星计划》一书的技术附录里，一组关于宇宙飞行中飞船要脱离地心引力所需要燃料的数量统计十分引人注目。冯·布劳恩舰队中的10艘飞船的平均重量约3 600吨，其中有3 200吨都是火箭的燃料。当这些飞船返回地球时，他们的重量将只有原来的1%。

《火星计划》一书是冯·布劳恩这位科学天才的思想精华，极富前瞻性。但遗憾的是，冯·布劳恩和罗伯特·戈达德的研究领先于那个时代太多，很多人都无法理解，因而无端遭受了很多媒体的负面宣传和批评，甚至受到了当时无法理解他们理论的权威人士的指责。在戈达德指出火箭可以实现人类登陆月球梦想的时候，这条新闻登上了《纽约时报》的封面头条，但同时该报社论文章对戈达德的观点进行了嘲讽。（直到约50年之后，“阿波罗11号”被发射的第二天，《纽约时报》才公开刊登了更正声明。）

当冯·布劳恩在20世纪50年代初期严肃地提出登陆火星计划的时候，一定也被认为是无稽之谈，这种不理解甚至可能来自于科学家和工程师们——向近地轨道的空间站发射成百上千颗火箭以建造10艘星际旅行的飞船，然后由飞船搭载着上百万吨燃料、氧气和食物飞往火星？开玩笑吧！

但冯·布劳恩的计划让很多美国大众为之着迷。《科利尔》（*Collier's*）杂志连续刊登了8个关于星际旅行的专题，其中就包括了冯·布劳恩对如何登上火星的详细描述。

在冯·布劳恩之前有大量的梦想家曾经对星际旅行进行过严肃的思考，但还没有一个人提出过详细的计划和精确的测算。冯·布劳恩的方案具有完善的飞行轨道设计、完整的公式搭建、详尽的技术图纸和精确的计算过程，他甚至给出了火箭发射日期将是1965年的某一天。他的计划直截了当，切中实际——火星假想旅行与实际登陆之间的最大差别便是切实的努力和投入。

为了更好地理解《火星计划》一书的重要意义，我们可以回顾一下卡尔·萨根（Carl Sagan）写于1985年的科幻小说《超时空接触》（*Contact*）带给人们的震撼。小说详细描写了人类在来自宇宙未知时空的神秘文明的指引下如何建造宇宙飞船，并最终到达神秘外星世界的故事。对于20世纪50年代早期的人们来说，冯·布劳恩的研究就如同小说中神秘的地外文明一样，指明了人类探索宇宙的方向。而两者最大的区别在于，《火星计划》不是科幻小说，而是一本严谨的科学著作。

20世纪60年代后期，冯·布劳恩因为主持完成了阿波罗登月计划中的“土星5号”火箭而名声大震。由于声望的日渐提高，冯·布劳恩得以迅速说服美国宇航局和美国国会，将火星作为下一个征服的目标。这一次他的计划是发射两艘由核动力驱动的宇宙飞船。他利用所有场合和机会告诉他的听众，登陆火星的发射计划可以在20世纪80年代实现。

但与以往的计划不同的是，冯·布劳恩这一次的计划被摆上了美国总统理查德·尼克松的案头。在阿波罗工程完成之后，美国需要有新的科研计划，但冯·布劳恩的火星计划最终败给了航天飞机研究计划，原因之一是军方和情报机构认为航天飞机对于发射和修复间谍卫星具有

十分重要的作用。尽管美国宇航局的行为看起来一向是透明和公开的，但在1982～1992年这10年间，他们进行了11次秘密的航天飞行任务。大部分飞船的研发都是由军方和情报机构的需求驱动的。尼克松总统还决定终止冯·布劳恩的“土星5号”火箭——有史以来规模最大、最完善的载重火箭的研究。没有了强有力的火箭推进宇宙飞船，星际旅行的研究也只能就此停步不前。如果美国当时选择了火星计划而非航天飞机，也许美国现在已经在火星建立了永久基地。冯·布劳恩明白，他和美国宇航局前进的方向已经不再相同，因此于1972年从宇航局退休。

直到《火星计划》一书出版了62年后，我们对火星的了解才因为“好奇号”火星探测器所传回的一组照片而有所增加。“好奇号”于2012年降落至火星表面，开始探索火星的地表情况。如果美国宇航局和尼克松总统当时更加认真地对待冯·布劳恩的提案，现在的情况就可能是由宇航员驾驶着“好奇号”探测车在火星上穿梭。

航天飞船项目使美国的宇宙探索进入了长期而缓慢倒退的过程，让研究机构陷入了一种缺乏探索方向与激情的空虚状态，即使美国人民不一定明显感觉得到。征服不同星球的激动变成了没有观众的太空行走。美国宇航局聚焦在一个对星际旅行推动作用甚微的过时的火箭研究计划上，飞行计划屡次失败，即使成功了也面临哪儿都去不了的窘境，直到有了宇宙空间站可以与之对接。该计划仅存的理由是可以向国际空间站（ISS）运送宇航员和货物，而国际空间站项目本身实质上也是个用处不大的傻大个儿。

备受尊敬的英国皇家宇航员马丁·里斯（Martin Rees）伯爵，对国际空间站项目几乎没有正面评价，他曾说：“没有人会在意国际空间站上进行的研究，那些成果仅仅能值回一小部分成本。它存在的主要意义在于保持载人太空研究能够继续，看看人类在太空中要怎么生存和工作。而在这个领域中，最积极的发展成效来自于私人企业，他们用

远低于美国宇航局及其常用供应商的成本推进着太空科技和火箭的发展进步。”

美国宇航局浪费的大把时间，以及对其供应商高成本运作方式的纵容，给了私人企业超越它们的机会。美国宇航局135个航天飞行任务的平均科研成本每架高达1亿美元。理应有人可以比美国宇航局做得更好、更快、更省。而这样的人已经出现了，也正是他们，使得人类离登陆火星的梦想又近了一步。

---

1. 在太空动力学，霍曼转移轨道（Hohmann transfer orbit）是一种变换太空船轨道的方法，途中只需两次引擎推进，相对节省燃料。德国物理学家瓦尔特·霍曼于1925年出版了相关著作。——译者注
2. 范艾伦辐射带，指在地球附近的近层宇宙空间中包围着地球的高能辐射层，由美国物理学家詹姆斯·范·艾伦发现并以其名字命名。范艾伦辐射带分为内外两层，内外层之间存在范艾伦带缝，缝中辐射很少。——译者注

第二章
伟大的私人太空开发竞赛

航天事业似乎一直都是各国政府才会涉足的领域，因为需要耗费巨额的成本。波音和洛克希德·马丁公司这样的企业之所以会产生，主要由于来自美国宇航局和美国军方的大规模的、成本高昂的订单。直到30年前，3个成功的商人在哈佛商学院聚首，并决定合作开展火箭制造和卫星发射领域的生意。作为开端，他们成立了美国轨道科技公司（Orbital Sciences Corporation），该公司设计完成了一枚独特的带着机翼的三级火箭，人称“飞马座”。“飞马座”被挂在一艘巨大的喷气式客机下面，由客机将它带到12 192米的高空，以提供一种相对便宜的推进方式进入轨道。“飞马座”一共完成了42次发射任务，仅3次失败，创造了杰出的发射成功率记录。轨道科技公司借助“飞马座”成功地奠定了自己的地位，打开了设计、建造火箭和卫星的市场。轨道科技公司一共为电信业巨头、各国政府以及美国宇航局建造和发射了成百上千颗卫星和探测器，其中的一部分搭载着改装的洲际弹道导弹（ICBMs）。近年来，得益于美国宇航局的订单、技术建议和鼓励，轨道科技公司建造了一枚名叫“天蝎座”的火箭和一艘名为“天鹅号”的无人宇宙飞船，成功完成了对国际太空站的补给任务，成本不足常规宇宙飞船的一半。轨道科技公司通过这些业务创造利润，后来与另一家宇宙飞船制造商ATK公司合并，合并后的公司“轨道ATK”（Orbital ATK）在纽约证券交易所上市。

就在轨道科技公司建立其商业王国的时候，马丁 玛丽埃塔公司（Martin Marietta Materials）一位名叫罗伯特·组布林（Robert Zubrin）的航天工程师已经对人类在火星登陆上的拖延有些等不及了。罗伯特·组布林对于如何将火星改造成适宜居住的环境进行了长期而深入的思

考，并且辅以大量的计算——这使他的研究更加严谨，更具有说服力。与冯·布劳恩一样，他断言，人类已经具备登陆火星的条件了。他的提案——《火星指南》（*Mars Direct*）陈述了一个经济的、便捷的人类登陆火星行动大纲。罗伯特·组布林的提案引起了美国宇航局的兴趣，但实际行动一再被推迟。因此，组布林写了一本名叫《赶往火星》（*The Case for Mars*）的书来详细阐释他的计划，并于1998年转而向火星协会（the Mars Society）寻求支持，以开展他的计划。

在更近一些的时候，荷兰人巴斯·兰斯德洛普（Bas Lansdrop）和阿尔内诺·韦尔德斯（Arno Wielders）成立了非营利组织“火星一号”，并发布了去往火星的单程探索计划。按照计划，他们将在2025年着陆（经过前期的货物飞船、居住设施和探测器降落程序）。该组织计划通过出让转播授权以筹措经费，但他们除了缺少实现计划的火箭或宇宙飞船以外，也只取得了来自洛克希德·马丁公司的一个订单，而且是为了研究该计划的可行性。

随后丹尼斯·提托（Dennis Tito）以支付俄罗斯政府2 000万美元（据报道）为代价，成为首个实现太空旅行的个人参与者。他的非营利组织“火星激励基金”，乐观地计划着在2021年向火星发射一艘载有一对夫妇的小型宇宙飞船——可能是乘坐由太空探索技术公司（SpaceX）为国际空间站所研发的“龙二”宇宙飞船。如果计划成功的话，这对夫妇将需要在狭小的航天舱里待一年半的时间，这也正是“火星激励基金”要挑选一对夫妇来完成任务的原因所在。要战胜漫长旅程中的绝望情绪和孤独感，用提托的话来说就是“需要有可以拥抱的人在身边”。

“火星激励基金”希望争取在2018年进行发射，因为火星与地球距离相对较近每隔15年才出现一次，这样往返的旅行时间能控制在501天。飞行将只利用一次轨迹燃烧推进，然后飞船通过滑行到达火星，并弹射返回地球。但该组织还没有找到可以实现这一任务的火箭。

（美国宇航局的“太空发射系统”火箭在2018年或许可以实现从地球将宇宙飞船送上火星的任务，但遗憾的是他们没有兴趣参与此项任务。）提托的备用方案是在2021年进行发射，并在金星附近弹射进入火星将经过的轨道。

亚马逊总裁杰夫·贝佐斯（Jeff Bezos），谷歌公司联合创始人拉里·佩奇（Larry Page），微软联合创始人保罗·艾伦（Paul Allen）以及传奇的企业家和冒险家理查德·布兰森（Richard Branson）爵士都在斥巨资以各自不同的形式参与这场私人企业的太空竞赛。企业家们目前的大部分努力还像美国曾经的西部开发一样狂热却混乱无序，只不过这一次人们要征服的不是西部荒野，而是太空。尽管有众多企业都在尝试将人类送往火星，但在美国宇航局开始重视这一领域之前，目前只有一家公司有希望可以使人类登上这颗红色星球。正如韦纳·冯·布劳恩和“阿波罗11号”的关系一样，当载人航天飞船在2027年登陆火星的时候，我们也会看到埃隆·马斯克（Elon Musk）对火星登陆的影响，因为那位登上火星的宇航员的制服上极有可能是印着“SpaceX”的标志。

马斯克无疑是我们这个时代眼光最长远的企业家。在放弃斯坦福大学一个博士生项目7年之后，他卖掉了自己参与创办的贝宝（Paypal）和Zip2（一家网络企业信息黄页公司）两家公司中的股份，据报道，他赚了3亿2 400万美元。2002年，他将一部分钱投资建立了太空探索技术公司；随后，他又和其他人一起联合创立了特斯拉汽车公司，一个有望改变整个汽车产业的公司。他是一位虔诚的环保主义者，也是太阳能的极端拥护者——他的特斯拉汽车理论上可以由太阳能驱动。2013年，马斯克提出了一种名为“超级高铁”的独特交通运输系统，通过在真空管道中运行，缩短运输时间，计划主要运用于公共运输领域。超级高铁列车可以将洛杉矶和旧金山之间的旅行时间缩短至30分钟[注]。

在看到美国宇航局越发将重心放在一些无关紧要的问题上时，马斯克毅然成立了太空探索技术公司。和冯·布劳恩一样，马斯克也是一个外来移民，只不过他是来自于南非和加拿大(注)。马斯克和冯·布劳恩都是完美主义者，并且马斯克对于自己所认准和决心要做的事情十分笃定。就像冯·布劳恩当初所面对的一样，在马斯克提出我们必须登上火星时，似乎没有人意识到他是认真的。克服所有的反对意见和困难后，他使不可能变成了可能：他为太空探索技术公司募集到足够多的资金，并使它保持顺利运作，不断向前推进，即便是在该公司研发的前三枚火箭都发射失败的情况下。一路走来，他提出了一个真正的革命性问题：谁还需要靠美国宇航局才能登上火星？

马斯克建立私人火箭公司，只有一个原因："建立太空探索技术公司的目的是积累建造火箭的技术力量，并最终在火星上建立一个能实现自我可续运转的永久性基地。"他在2014年5月如是说。让我们稍作停顿，来仔细看一看马斯克公司的名字——"太空探索技术公司"。请注意公司名称中的"探索"一词。正如他的前辈冯·布劳恩一样，马斯克也十分推崇人类应该发展成为存在于星际之间的物种。他敏锐地意识到，地球不可能永远保持适宜居住的环境。马斯克对于人类一再否认对地球环境的破坏感到沮丧，并且一早就清醒地意识到：如果不找到地球之外的栖息地，人类终将灭绝。

埃隆·马斯克作为火箭人出现的时间，已经有些迟了。从1969年尼尔·阿姆斯特丹登陆月球到2002年马斯克建立太空探索技术公司的整个期间，星际旅行技术几乎没有多少进展。实际上，用马斯克的话来说，与阿波罗登月计划时期相比，我们的星际旅行技术不仅没有进步，反而倒退了。他说："我们曾经登上月球，现在我们连月球也到不了。我们非但没有进步，甚至连原地踏步都做不到。美国现在竟然不能将人类送入登月轨道。"

1966年，美国宇航局的预算是联邦政府总预算的4%，如今这一比例仅为1.5%。自埃隆·马斯克涉足航天事业以来，技术发展在10年间以光速推进——为了将人类送上火星并在未来数千年的时间里能够在那里定居。没人知道美国宇航局什么时候才会清醒过来并开始造访火星的计划，但当太空探索技术公司首艘“天龙号”太空船在2012年成功到达国际太空站时，事实变得很明晰——美国宇航局可以做到的事情私人企业也可以完成，甚至可能会做得更好。

---

1. 洛杉矶距离旧金山800千米。——译者注
2. 马斯克7岁时离开南非去加拿大求学，21岁转学到美国。——译者注

第三章
棘手的火箭

2015年6月28日，太空探索技术公司所研发的一枚火箭刚刚脱离发射平台就爆炸了，埃隆·马斯克苦笑道："火箭真棘手。"他的感慨是对的，在所有向火星发射探测器的尝试中，近三分之二都以失败告终。

作为不以为意的旁观者，我们可能会疑惑，为什么我们在50年前就登上了月球，而且看起来并不怎么费力，如今要登陆火星却如此困难？最主要的原因是距离的差别。这两个登陆任务要跨越的距离的差异是惊人的。地球到月球的距离，随月球公转周期在36万千米至40万千米之间变化，地球到火星的距离却是这个数字的上千倍。在2003年，火星与地球在约6万年间距离最近的时候，两者依然相距大约5 500万千米。由于地球绕太阳运行一周需要365天，而火星绕太阳公转一周需要687个地球日，因此它们的运行轨迹并不同步。当两颗星球各自运行到太阳的两侧时，它们之间的距离会变得非常遥远——最远的时候，可以达到大约4亿千米。因此，地球到火星的距离，大约是地球到月球距离的140～1 000倍。

换一种方式来看，人类可以在6天之内往返月球。（尽管利用"土星5号"火箭的强劲动力，一天内我们就可以到达月球，但过快的速度会产生一个问题，宇宙飞船可能会像子弹一样射向月球，而月球稀薄的大气层根本不足以缓冲。）利用冯·布劳恩曾在《火星计划》一书中提到的霍曼转移轨道，就算是以比"阿波罗号"登陆月球时快得多的速度，要到达火星我们依然需要经历大约比地球到月球的距离遥远1 000倍以上的旅程。原因是我们无法搭载足够的燃料以保持直线前进的推进方式。由于缺乏无限量的便捷能源，我们始终需要借助太阳系中某

个天体的轨道，因此，我们的飞行轨迹将会是曲线形。尽管太空探索技术公司正在设计更加强劲、有效的火箭引擎，有可能会逐渐缩短地球到火星的航行时间，但在可预见的未来20年间，我们可能还找不到什么有效方法能够将地球与火星之间的单程旅行时间缩短到250天以下。

早期一些相对简单、直接的火星探索任务——仅仅是尝试用探测器经过火星，大多数也以灾难收场。而比这困难、复杂得多的进入火星轨道的尝试，尤其是降落火星实验，则更是成为嘲笑人类在宇宙科学技术上徒劳无功的证据。

在早期的火星探索中，苏联应该尝到了最大的苦头。苏联发射的“火星2号”是人类历史上第一个尝试接近火星地表的人造天体，它于1971年11月到达火星地表附近，但在着陆的时候一头撞上了火星。而苏联随后发射的“火星2D号”（又称“宇宙419号”）探测器，连地球轨道都没能突破，更别提前往火星了。一个月后，“火星3号”探测器成功登陆了火星，但在短短20秒钟之后就停止了信号传回。“火星4号”探测器在航行过程中导航系统出了故障，致使该探测器完全错过了火星，飞向了茫茫宇宙。“火星5号”是苏联火星探测过程中最成功的一个探测器，它成功地进入了火星轨道，并在22次环绕飞行的过程中，传回了约60张火星的图像，然后出现故障停止工作。“火星6号”探测器在1974年3月到达火星附近，并成功发射了登陆舱，但登陆舱在接触火星地表的时候发生爆炸。尽管“火星6号”的登陆舱在着陆过程中依然传回了大约4分钟的火星大气数据，但由于电脑芯片受到损坏，这些数据几乎都不能被读取。“火星7号”同样于1974年3月进入火星轨道，但它发射登陆舱的时间早了4小时，因此也错过了火星。在苏联此前和之后的火星探测史上，还有几次火星探测实验，都以失败告终。1996年，俄罗斯宇航局又发射了“火星96号”登陆舱，但它未能成功逃脱地球重力，最终坠毁于太平洋上。从那之后，俄罗斯似乎不再那么急于挑战在火星探测上的厄运了。

阻止人造天体成功登陆火星的最大障碍是地球与火星之间的遥远距离，这使得信息来回传输时间太长。地球与火星距离最远的时候，从火星发出的无线电信号需要21分钟才能传到地球，反馈信号需要再花21分钟时间返回火星。在紧急情况下，无人宇宙飞船只能借助人工智能进行判断、做出反应，因为已经没有足够的时间向地球寻求帮助。

但火星登陆历史上的所有这些失败，随着美国宇航局“勇气号”和“机遇号”探测器在火星的成功登陆，隐没进了历史的阴影。“机遇号”已经工作了10年，至今还在活跃地进行着火星探索。最近，“好奇号”火星探测车的成功吸引了人们的注意力。“好奇号”于2014年完成了一个火星年（相当于地球上两年）的探测工作，正在准备开展一项更为长期的探测任务。然而，这些探测器至今所到过的范围还比较有限，“机遇号”在从2004年至今的10余年间，只走过了大约42千米的距离；“好奇号”在近3年的探索中只走过了大约十几千米的路程。

暂且放下人类在火星登陆史上的诸多失败，美国宇航局“好奇号”火星探测任务的成功，证明了向火星运载和投放大载荷的设备和物品是可以实现的，这不仅使我们向火星发射载人飞船的计划迈进了一步，也使得货物和补给宇宙飞船的构想更加现实。从运送“好奇号”这样大载荷的探测器到运送载人或载货飞船，只需要在规模、货物投射频率或氧气量方面做一些小的变化。尽管马斯克近期对外宣称，“比较现实的期待是，在2017年进行首次运送一名宇航员进入太空的尝试”，但太空探索技术公司正在完善一架“天龙号”航天器，有望在2016年就完成向国际空间站运送7名宇航员的任务。马斯克曾经开玩笑说，航空偷渡者在日前完成对国际空间站补给任务的“天龙号”飞船上是可以存活的，因为飞船的一部分增压了——它一开始就是作为运送宇航员而非货运的目的所设计的。

目前，俄罗斯的“联盟号”飞船是除了航天飞机之外，唯一一个实现将宇航员运送到空间站并返航的宇宙飞船。它自1966年出现以来，和搭载其进入太空的“联盟号”火箭一起，被认为是历史上最可靠的航天运输工具。它因电影《地心引力》而家喻户晓，国际空间站随时都会保持一艘以上“联盟号”宇宙飞船停靠待命，以作为在紧急情况下的逃生工具。俄罗斯政府在每一位进入太空的宇航员身上的投入超过5 000万美元。太空探索技术公司想拿下这单生意。

2014年年末，美国宇航局发布和试飞了其最新设计的“猎户座”宇宙飞船，原计划搭乘6名宇航员前往国际空间站完成科研任务，但在试飞中没有安排宇航员乘坐。该次试飞由“德尔塔4号”火箭承担运载任务，另一款专门为“猎户座”飞船所研发、具有更加强劲动力的运载火箭预计将于2018年上线。“猎户座”飞船外形很像是“阿波罗号”飞船的一个航天舱，而性能似乎也更像是一个升级版的登月工具。埃隆·马斯克评论道：“除了看起来就像一个放大版的‘阿波罗号’宇宙飞船以外，我在‘猎户座’身上并没有看到其他什么闪光点和突破。”“猎户座”的专家团队则辩护称，延续已经成功过的设计可以有效地降低风险。

“猎户座”的设计初衷主要是用于月球开发以及可能会在21世纪20年代实现的小行星登陆任务。美国宇航局直到最近都还对载人登陆火星的计划保持着十分谨慎保守的态度。虽然美国宇航局现在已经含糊地表达了“猎户座”的终极使命可能是火星登陆，但依然未对计划实现的时间表做出承诺，只是谨慎地表示登陆计划可能会在21世纪30年代进行。令美国宇航局踌躇不前的原因在于，他们始终认为在真正进行火星探索之前，需要先在月球上建立基地，积累经验。按照“猎户座”的发展速度，马斯克或者别的私营火箭开发商可能会远远早于美国宇航局完成火星登陆。

不管怎么样，目前我们已经有两种可以将人类送上火星的宇宙飞船——太空技术探索技术公司的“天龙号”和美国宇航局的“猎户座”。

这两种宇宙飞船的成功回答了从《火星计划》被写就的时代以来一直困扰着我们的问题：人类能够登上火星吗？现在看来，答案是：能！那么一个新的问题来了：人类能够在火星上生存吗？答案依然是：能！但用埃隆·马斯克的话来说，这同样是一个棘手的问题。

第四章
焦点问题

时至今日，距离人类登陆火星的预设的时间点只剩下不到20年时间了，依然还有很多的声音——从事宇宙空间开发行业的人倾向于认为，人类尝试在火星上建立基地之前，需要先在月球上进行试验。他们表示，要将火星改造成为一个适宜人类居住的环境，困难太多了，目前我们还无法掌控和克服这些困难。事实上也是，关于登陆火星的展望确实伴随着大量的挑战。

所以，让我们短暂地停顿一下，来大致看看几个普遍被提及的问题。

问题1／在长达9个月的漫长飞行过程中，一群处于极大压力和十分有限的空间的宇航员能够避免自相残杀吗?

让我们用另一个问题来回答这个问题：“二战”期间柴油电力混动潜艇上的士兵之间曾经出现过的情况是不是能够说明问题了？同时，我们已经在人类心理学方面积累了足够多的知识，所以，挑选合适的人来执行火星任务已经不再是一个挑战。在实践中，我们已经非常善于挑选商业领袖、海军海豹特遣队员以及其他一些需要同时具备抗压能力、决断力和高智商等综合特征的特殊人才。安吉洛·维纽伦（Angelo Vermeulen）是一名空间系统研究者，他带领着一组地表宇航员在夏威夷岛进行了一项为期4个月的火星生存模拟实验，他曾说：“问题的关键归根结底其实就在于团队成员的选择。整个团队的成员不仅要在技能上匹配，同时也需要心理相容（团队成员在心理与行为上的彼此协调一致）。其实只要将一群人放在一起一个星期，并让他们去完成一项挑战性的任务，就可以看出这个团队有没有问题。如果有问题的话，通常很快就会显现出来。没有

什么可以保证一群人在一段漫长的时间内能够相安无事，但在开始的时候我们应该组建一支能够运作良好并且富有弹性的团队。”

问题2／会有人愿意花费大约50亿美元的成本登陆火星并再投入大约300亿美元来建立一个小型基地吗？

埃隆·马斯克将大量资金投放于他所倡导的探索方向，已经用实际行动回答了这个问题。他曾经声明，在公司所研发的火星登陆火箭升空以前，太空探索技术公司不会上市。届时执行运载任务的火箭将比太空探索技术公司的下一代火箭——“变形猎鹰”火箭还要大。火箭发射日期预设在2015年年底或2016年年初，将会由27个引擎推动，第一级推进的力量就会是目前太空探索技术公司的“猎鹰9号”火箭的3倍以上。换句话来说，埃隆·马斯克在确定可以登上火星之前，不会让自己的公司置于股东的影响之下，因为股东们始终会以追求利润为公司的首要目标。马斯克承认，首次登陆的成本将十分高昂，他希望后续的登陆任务可以从那些想要登上火星的人身上融到主要资金。用冯·布劳恩的话来说，一趟火星旅行的费用还比不上“美国每一分钟用掉的全年国防经费”。

问题3／我们能否在登陆任务中充分考虑到各种安全因素，使成功率达到95%？

关于这个问题，我们可以问问刚刚在马里亚纳海沟创造了世界潜水艇驾驶深度纪录的电影导演和探险家詹姆斯·卡梅隆。他曾经说过，高风险机械的设计者只要对已经知晓的问题和风险进行了小心的处理和预防，那些看不见的、预料之外的问题通常也会被一并克服掉。

问题4／长期处于零重力的环境中，宇航员的身体会不会垮掉？

这确实是一项大的挑战，但冯·布劳恩关于将多个飞船连在一起并彼此环绕互相旋转以制造重力的提议在火星旅行中是可行的。宇宙飞船可以被设计成轮子的形状以旋转产生出重力。同时我们也应记得，一趟火星旅行的时间只比一般宇航员在国际空间站停留的

时间长约2个月。2015～2016年，美国的斯科特·凯利上尉（Scott Kelly）和俄罗斯宇航员米哈伊尔·科尔尼延科（Mikhail Kornienko）将在国际空间站度过一年时间，到那时我们将更加清楚长时间失重对人体的影响。整体来说，火星上的重力将是地心引力的三分之一多一点，科学家们推测，在这样的重力下，人类只能勉强生存。与此同时，有最新的研究表明，很多物种都能以比我们的想象快得多的速度进行演变以适应新环境。火星社会的居民也许只需要经过几十代人的繁衍就可以适应低重力的生存环境。

问题5／如果宇航员生病了怎么办?

对于这个问题，历代征服高山和海洋的冒险家们在很早以前就知道，一个好办法是让一些受过急救训练的人随行。但独自进行环球航海旅行的冒险家已经证明，大多数的问题都可以通过准备充分的医药箱和恰当的事先训练得以解决。但星际旅行比航海冒险充满更多的挑战和不确定性，即使是十分健康的冒险者，依然可能会生病甚至是死亡。

问题6／如何应对辐射的影响?

这还真是个难缠鬼。最严重的太阳辐射来自于太阳耀斑以及日冕物质抛射。我们没有办法消除太阳辐射和宇宙辐射，但我们可以在星际旅行飞行器上设计一些防辐射的紧急避险空间，以供宇航员在太阳耀斑这样的事件期间使用。同时也要提供准确的警报，提示宇航员进入避险空间，直到辐射太阳耀斑等爆发结束。埃隆·马斯克曾提议过一种由水屏蔽辐射的飞船，同时还有其他一些使辐射偏折或者吸收辐射的解决方案。但不可避免的，宇航员们在飞往火星的过程中可能会经历远远超出地球上允许值范围的高强度辐射。美国宇航局正在研究提高允许宇航员经受的辐射值限制，以使火星登陆计划能够符合操作规范。一旦到达火星，由于火星上的大气非常稀薄，并且没有磁层和范艾伦带对辐射的阻挡作用，人类将几乎只能待在掩体里或者地下。

随着宇宙飞船发展到真的可以实现火星登陆的程度，可能还会出现其他值得关注的重大问题，且必须不断找到问题的答案。

第五章
高昂的成本

如果没人能找到比较经济的方式从地球到达火星，人类在火星上定居也将无法实现。尽管埃隆·马斯克看见了人类在火星上建立基地的可能性，但如果不能解决成本问题，这一切都没有意义。高昂的成本是比火星上空气缺乏、辐射严重、水源不明确等环境阻碍还要关键的难题。

2012年年底，马斯克在伦敦向英国皇家航空学院（Royal Aeronautical Society）做了一次演讲，主题是火箭科学技术。在演讲中，他重点阐述了冯·布劳恩在1952年提出的可重复使用的火箭的构想，火箭的可重复利用即使算不上人类实现火星生存的决定性因素，也将是极大改写太空旅行成本现状的关键。

马斯克注意到，发射一枚“猎鹰9号”火箭的总成本是6 000万美元，其中只有0.3%是燃料成本，因此他说：“如果‘猎鹰9号’火箭可以重复使用上千次，那么单次的飞行成本就可以从6 000万美元降到6万美元。这显然将是一个巨大的变化。”尽管“猎鹰9号”还无法承担哪怕只有一个宇航员的火星旅行任务，马斯克却借此说明了火箭的可重复利用将会对成本产生的不可思议的影响。而这种影响，在被运用到能够帮助人类实现建立火星社会理想的巨型火箭时，效果还会成倍放大。

如果火箭的可重复使用性不能实现，马斯克说：“那我们可能承受不起火星旅行的高昂成本，因为这是将全年国内生产总值的100%还是0.5%投入其中的差别。”“我想大多数人应该都会同意，即使他们自己不一定有登上火星的打算，花费国内生产总值的0.5%～0.75%的成本

来建立一个可持续的火星社会是值得的。这就像是为人类的共同命运买了一份保险，而保费似乎也很公道。并且即使你没有亲自参与其中，这也会是一个可以观看的有趣冒险。就像人类登上月球时一样，尽管只有几个人真正实现了登月，但在某种意义上，我们通过实况转播等手段都间接到达了那里。我想大多数人都会认为这是一件好事。当人们回顾过去，总结20世纪人类曾取得的重大进步，登陆月球毫无疑问将会排在名单的前列。我认为登陆火星同样也有着它的价值，尽管不是所有人都会去往火星。”

在演讲之后的提问环节里，马斯克有些时候的谈话视角更像是一个成功航空公司的首席执行官，而不是多级火箭开发公司的首席执行官。马斯克设想，如果他能够使火星的旅行成本降到人们可以承受的水平，并且有足够多的人愿意来一次火星之旅，那么太空探索技术公司也许能够通过50万美元的单程票价赚些钱。最近马斯克还表示：“单程票价有希望被降低到50万美元以下，虽然可能也不会低得太多。”

马斯克设想中的典型火星移民是那些年龄在40多岁的中产阶级，拥有大约价值50万美元的房子。他们也许是厌倦了自己的工作并决定卖掉地球上的一切，从太空探索技术公司换取一张门票，剩下的钱将用来投资一个小生意。

在伦敦演讲的观众问答环节中，马斯克说：

“在火星上建立基地无疑需要花费一大笔钱。至少，需要先打下基础。我们可以称这笔钱为火星基地的激活成本。这种成本同样出现在英国殖民地建立过程中。为了使一切运作起来，他们在一开始也花费了巨额成本。你可能不太会愿意成为詹姆斯敦（英国在美国的第一个定居点）开拓者的一员，因为那并不是一件容易的事，在之后的经济繁荣到来之前，前几批开拓者们耗费了巨大的努力才将这一切的基础建立起来。在火星开发过程中，这笔投资也同样是不可避免的，我们也需要为此筹措资金。而一旦火星与地球之间实现规律的通航，就需

要将人们去往火星的旅行成本降低到50万美元以下，因为只有这样才会有足够的人来购买船票——卖掉地球上的一切并移居火星。这是基于合理的商业规律来判断的。实际上也不需要有太多的人移居火星，全球人口已经达到了70亿，到21世纪末可能会增长至80亿。与此同时，全球的财富也会增长，所以我认为，哪怕一万人甚至是10万人中有一个人愿意移居火星就已经足够了。”

根据马斯克在演讲结束时的估算——如果每10万人中有一个人选择成为火星探索的先驱，就意味着火星移民数量可能会达到8万人，相当于地球上一个小型城市的总人口。这看起来似乎是一个太过乐观的估计，但在回答观众的另一个提问时，马斯克说道：“未来是十分难以预测的。就像你在人类飞行事业刚刚起步的时候问他们未来的市场前景，预测一定错得离谱，而且很大可能是远远低估了市场潜力。即便是最乐观的人，在一项研究的开始阶段所做的预测，在后来看起来都是非常保守的。”

实际上，在马斯克的想象中，火星城市的居民将远远不止8万人。8万只是马斯克设想中的一次火星飞行的乘客数量。在一次采访中，马斯克对我说：“我们不会设计只能运送几个人的火箭系统。我们所建造的是‘火星移民者’传输系统，一旦实现，我们就将能够在火星建立一个可以自我维持和发展的火星移民社会。这是一项浩大的工程，第一代系统我们希望在2030年前完成。在2030～2050年间，我们将会有10次轨道同步机会，这意味着可能在20年后，火星上就会有四五万名地球移民。”

马斯克说他设想中的“火星移民者号”（Mars Colonizer）火箭将只有两级：“火箭的第一级为助推部分，发挥摆脱地球重力的作用；第二级是宇宙飞船，是火箭的上面部分与载人航天器的结合。”在“猎鹰9号”火箭的设计中，火箭的第二级和宇宙飞船是分开的，而在“火星移民者号”上，这两部分将被结合起来。第一级的助推器会把火星移民者

火箭送入地球轨道，然后由第二级完成剩下的航程。在地球轨道中，会有燃料补给飞船将火箭的助推剂补充至满荷。

大量的“火星移民者号”将会在地球轨道上集结，马斯克称之为“舰队”。他知道，“要在火星建立一块殖民地，需要同时发射很多艘飞船以运送移民和物资。每两年才会有一个最佳发射时机，因此整个舰队需要在1～2天启航。”

第一次旅行将只有1～2艘飞船，马斯克说：“但逐渐会有成百上千的飞船参与飞行任务。要建立一个拥有上百万人口的殖民地，大量的飞船是必需的。需要运送的首批移民有8万人，但发射时机每两年才会有一次，因此需要大量的飞船进行集中运送。”

马斯克对于将火星移民计划与英国在新大陆上建立殖民地进行类比乐此不疲。“火星之于人类就像美洲大陆之于当时的英国殖民者，”马斯克说，“首批到达美洲大陆的英国船只有多少？只有一艘。然后我们快进到两百年之后的今天，有多少来自英国的船只开往美国？有成千上万艘。人类对于火星的征服也会与此类似。美洲大陆对于英国移民来说蕴藏着希望，正如火星也是人类未来的希望一样。”

马斯克相信最终可能有上百万甚至上千万的人想要登陆火星，而类似“火星一号”组织的火星移民招募计划收到踊跃的报名，也表明马斯克的判断是正确的。但马斯克并不打算做太多花哨的空头许诺。“重要的并不是我打算做什么，而是那些要去火星的人想要什么。”马斯克说，“我并不清楚人们想要过去做什么，不知道到时候会是一种什么样的状态，也不能想象太空探索技术公司届时会是一个什么样的角色。”但他同时也补充道：“我们研发的这套系统能够将那些想去的人送上火星。在2050年之前的每一次地球与火星轨道相会的时刻，可能都会有上万人被送往火星。”

但为了保险起见，在大批勇敢的先驱们被送往火星之前，我们还是会派一些探险家先一步进行登陆。

马斯克以外的许多人的火星登陆计划都认为，人类在进行火星登陆以及停留探索之前，有两项事前准备必须先行落实：一是找到合适的降落及居住地点；二是提前向火星运送人类生存所需的物资。在理想的情况下，物资会先于人类到达火星，并由机器人先行建立和维护人类要在其中生活的驻地。

“火星一号”组织的火星登陆计划就考虑使用类似的方式，货物飞船将包含了人类驻地组件的物资先于飞行员送达火星，然后由火星探测器将其组装好。货物飞船安全降落火星的技术已经具备；然后利用机械或机器人技术将降落火星的物资集中到一起，再将航天舱和可充气附属装置进行重新组装。虽然工序繁多，但也并非不可完成。然而按照“火星一号”组织的进度，要在2025年之前实现这些设想，看起来并不乐观。

“火星一号”计划将打算使用太空探索技术公司的“龙二”宇宙飞船，“龙二”宇宙飞船计划将于2017年开始在地球和国际空间站之间运送宇航员。另外，该计划还将用到太空探索技术公司的重型“猎鹰”火箭。经过多年的发展，重型“猎鹰”火箭是基于太空探索技术公司的常规火箭“猎鹰9号”，在载重能力方面有重大提升的组合型运载火箭，拥有2个“猎鹰9号”火箭的第一级（起飞级）。重型“猎鹰”火箭的低地球轨道载重量设计是“猎鹰9号”火箭的4倍，拥有2吨推进力，是目前世界上最强大的火箭（尽管它的载重能力仅为当初冯·布劳恩为阿波罗登月计划设计的“土星5号”火箭的一半）。太空探索技术公司在几年以前就开始为重型“猎鹰”火箭签下客户订单了，但试飞计划一再被推迟。美国宇航局在2011年的一份被称为“红色猛龙”（Red Dragon）的提案中，计划使用一架重型“猎鹰”火箭和“天龙号”宇宙飞船进行一次低成本的火星探索试航，但提案一直没有被最终敲定。

按照“火星一号”组织在其官网上公布的时间表，他们计划将在2022年向火星发射货物飞船，然后从2024年开始，每两年向火星发射一次载人宇宙飞船。在该组织网站首页的图片上，6个像“天龙号”飞船航天舱一样的舱体由管道互相连结，整齐地摆列在火星上。这幅画面所展示的，正是像火星协会创始人罗伯特·组布林一样的火星狂热者们多年来孤注一掷所追求的。这样的计划在很大程度上需要依靠与太空探索技术公司的密切合作。“火星一号”组织表示已经拜访过太空探索技术公司，并且收到了一份合作的意向书。但“火星一号”和太空探索技术公司之间尚未签署任何正式的合作协议，而且马斯克对于重型“猎鹰”火箭是否会被用于火星登陆计划也还没有明确表态。他曾表示：‘火星移民者号’火箭的推进力是重型‘猎鹰’火箭的3倍，是‘土星5号’火箭的两倍。”于此同时，不论是重型“猎鹰”火箭还是“天龙号”宇宙飞船，都有很多比“火星一号”组织要重要得多的客户。截至2014年年中，“火星一号”组织共筹集到了60万美元的捐款，这笔款项尚不足以支付利用一个常规的“猎鹰9号”火箭将一艘“天龙号”飞船送入地球轨道所花费用的1%。“火星一号”组织也向想成为宇航员的申请者们收取一定费用，可以再筹集到几百万美元；另外，他们还尝试通过出售转播权来筹款。这是一个不错的想法，因为通往火星的全程直播无疑会成为有史以来最受欢迎的电视真人秀。尽管“火星一号”尝试通过各种方式筹集资金，但距离其首席执行官巴斯·朗斯多普所预估的60亿美元费用依然还有很远的距离。

到目前为止，“火星一号”组织看起来是那种积极地想要登陆火星但并没有将资金真正投入的一群人。其他组织的情况也类似。

相反，尽管埃隆·马斯克在一开始提出要将人类送上火星的计划时，也没有披露计划细节，并且他关于会有上百万火星移民的设想比以往所有描绘都更加不着边际，但人们相信他可以真正实现。因为他已经实现过将看起来不可能的变为可能。第一次是他参与共同创办的特斯拉汽车公司彻底改革了已有110年历史的汽车产业。在特斯拉创办

的初期，很多人都抱着嘲讽的态度，认为电动汽车进入主流还需要至少50年时间。但就在特斯拉推出Model S车型仅仅两年之后，据估算，已经有7万辆车上路。特斯拉的车主们可以放心地开着他们的车横穿美国东、西海岸或穿行整个海岸线，因为可以在174个特斯拉充电站（根据特斯拉汽车公司统计）获得免费“燃料”。如果在自家的屋顶上装上太阳能电池板，那么他们的特斯拉汽车在源头上就变成了由太阳能驱动的汽车。越来越多的大型商场和停车场开始为电动汽车配备充电站，其中很多都是免费提供。特斯拉汽车的大受欢迎，没有给它的竞争对手任何反应时间，并且马斯克已经开始换代升级生产速度，计划在2020年前将年产量提升到50万辆。福特、丰田和通用汽车等汽车集团也纷纷开始了电动汽车的研发，而在这些竞争对手们追上来之前，特斯拉就会推出面向大众市场、价格相对便宜的电动汽车车型。可能要不了10年的时间，内燃机引擎就会成为一个将汽油转换成热量而非前进动力的机器，成为一个奇怪的老古董。而现在，马斯克又在进行另一场颠覆，由他带领的太空探索技术公司正在彻底改变人类进入太空的方式。

受到马斯克大胆的计划以及美国宇航局计划使用“猎户座”飞船实现载人火星登陆任务的激励，每个航天大国都加入到了这场征服火星的竞赛中来。2016年，欧洲航天局与俄罗斯联邦航天局将联手发射一颗火星轨道飞行器。（这算不上是什么大事，因为这并非欧洲航天局的首次火星探测计划，早在2003年，欧洲航天局就发射了“火星快车号”探测卫星。）这颗轨道飞行器的主要任务是探测火星大气中的痕量气体——那些在大气中占比小于1%的微量成分。欧洲航天局和俄罗斯航天局还计划于2018年在火星上登陆一个探测器。俄罗斯国内也在研讨建造一个可与美国宇航局的发射系统相匹敌的巨型火箭，确保在2030年之前实现载人火星登陆。于此同时，中国也发布了火星探测计划，将在2020年前后发射一个与其所研发的月球车类似的火星探测器。

第六章
如何在火星生存?

人类在地球上生存要满足4个最基本的需求——食物、水、住所和衣服。而人类要在火星上生存下来，需要解决5个方面的问题——食物、水、住所、衣服和氧气。这5种关键资源的成功获得将为人类在未来成为星际生存的物种提供保证。

关于水的难题

在缺氧4分钟以后，人体大脑就会受到损伤；而人因缺氧窒息而死亡的时间临界点普遍被认为是15分钟。现在我们都已经知道，火星上没有氧气存在，因此我们必须要自己制造氧气。如果能够在火星上找到水源的话，我们可以利用水来生产氧气。只要在火星上找到水源，就有很多能生产出氧气的方式，包括简单的电解——将电流通过水，从而获得氧气。水太重，并不适合从地球运送，因此，找到水源实际上是人类要实现在火星上生存的最重要问题。如果火星并不如我们所想的有水存在，那么我们将无法实现在火星生活的梦想。

多年以前，当很多火星轨道卫星探测器和登陆器都还处于设计图纸阶段的时候，美国宇航局就做出了一个重大决定——专注于寻找水源。当时设定这个目标的原因并非是为了要向火星移民，而是为了寻找外星生物。因为我们都知道，没有水就没有生命。有意思的是，当初为了探寻火星是否存在生命而寻找水源的行动，如今却有了完全不一样的意味：火星上可以存在生命——人类的生命。

多个先后探测过火星的航天器，包括“好奇号”火星探测器、“火星勘测”轨道飞行器、“火星漫步者号”探测器、“火星快车号”探测器以及早在20世纪70年代登陆的“海盗号”探测器所积累的关于火星的资料已经让人类建立了一个认知——事实上，火星有水存在。但直到“凤凰号”火星探测器在火星北极附近发现了冰帽，才让大家毫不怀疑地确信，火星上确实存在固态水，并且已经在被称为“风化层”的火星土壤中被找到。

尽管火星的地表面积只相当于地球表面积的28%，陆地面积却与地球差不多，因为地球表面70%以上的面积都被海洋、湖泊和河流所覆盖。火星上没有任何区域有水覆盖，这是火星与地球的重大差别。整个火星地表的水资源储量超过400万立方千米，但几乎全部都是以固态形式存在。因此火星上虽然可能偶尔会因为特殊的气候环境变化出现液态水，但在火星大气密度变得足够大、火星地表温度变得足够温暖之前，火星上的水几乎不可能流动起来。

大部分固态水都位于火星的南极和北极，其中很多都被埋在固态二氧化碳层之下。如果这些固态水都融化，火星将整个儿被淹没在几百米深的水中。那将是非常大量的水，但根据火星地质研究，这些水还是少于曾经在火星上流动和存在过的水。火星上有成千上万个河谷，以及数不清的巨大湖床，火星曾经有将近三分之一的面积都被海洋覆盖。火星赤道附近的埃律西姆平原（Elysium Planitia），可能存在一片与地球北海面积相当的碎片状固态水。

火星上固态水的储量看起来十分丰富，但每一立方米风化层中，固态水的含量千差万别，从1%到60%不等。在火星地表之下散布着大量的固体冰湖泊，并且大多数分布在靠近火星赤道的一个带状区域内。对于早期的火星移民们来说，如果能够找到一个几千克重的固体冰块，将会是十分幸运的收获。

一部分曾经在火星上自由流动过的水蒸发了，然后和火星大气层一起消失在了太空之中。目前位于火星轨道上的"火星大气与挥发演化"（MAVEN）探测器，正在为我们对此进行研究。另外，很多火星上的水沉入了地下，但大部分水都被保存在接近地表的冰层里。如果火星移民们以水源数量作为他们"财富"的象征，他们可能是非常富有的。那假如火星真如天文望远镜照片和航天器掠影所显示的一样荒芜和干旱呢？我们可能就会转而向另一个陌生得多的星球进行移民计划—— 金星。

到目前为止，要在火星找到水源已经被证明不会太困难，但要将固态水变成液态对于早期定居者们来说，将会是一个巨大的挑战。关于水的问题将有很大一部分在于，一开始获得水需要花费多少精力。固态水资源可能像千年寒冰一样坚硬，获取过程中必须使用电钻。即使是这样，要将冰块液化还需要开采并使用很多高耗能的机器。所以，如果第一批移民能够找到一小块纯净的冰湖将是极大的幸运。

最理想的情况是可以直接找到液态水。在火星地下找到液态水也是有可能的。关于火星地表之下的液态水储量有很多推测，但还没有人知道真实的情况是怎样的。第一批宇航员们将需要钻探到中等深度才有希望找到液态水源。从火星地表或者水井里开采水源并不属于火箭科学技术的范围，但会用到一些与之相关的特殊工具，包括烤炉和蒸馏装置（因为如果不做处理，钻探到的水源将会在冒出地面时立刻被冻结，形成冰块"火山"）。

更可能的场景是宇航员们用锤子从火星地表敲取大块大块含有固态水的风化层。在后期的补给任务中会从地球带来推土机和货运工具，这可以大大提升每个火星移民的工作效率。这些含有固态水的风化层会被放进烤炉加热，直到冰升华为水蒸气。在这个过程中，将会有大量的废弃物需要处理，并且会用到很多能源——一部分能源可以

通过太阳能电池板取得，但大多数能源可能还是必须要通过一座小型的核反应堆来提供。

在火星移民的早期，生存所需要的物资很少有现成的，也很难获得来自地球的供给。就像埃隆·马斯克的特斯拉汽车一样，在火星上可能会用到的每一个工具和设备都必须经过周详的考虑。不能出现正在钻探水源的移民们在中途发现他们有什么问题没有被提前考虑到的情况——比如某个特殊的水源矿需要某种特殊的钻头才能钻取。生存是最起码的要求，因此，任何可能出现的情况都必须被提前考虑到。

但如果宇航员们从风化层寻找水源、钻取地下水和从火星地表切割冰块的尝试都不幸失败了，该怎么办？我们还有一个不错的备选方案。根据美国宇航局“海盗号”飞船（于1976年首次安全登陆火星）的探测，尽管火星大气层十分稀薄，但湿度较高，用空气湿度的概念来表示的话，火星的空气湿度经常能达到100%。华盛顿大学在1998年所发表的一篇学术文章提出了一种叫作“水汽吸附反应器”（Water Vapor Adsorption Reactor, WAVAR）的装置，可以从火星大气中提炼出足够多的水分子，以满足人类的生存需要。这篇文章在不同的地方提及“火星大气层是特征最明显并且广泛分布在整个火星的水源……尽管与地球相比，火星气候是十分干燥的……但平均来看，火星大气中在一天的某些时刻会包含足够多的水分，比如，夜间空气湿度可以达到100%……在各个纬度的大部分季节都是如此”。

WAVAR利用的是一种叫作沸石的吸水性矿物质，是一种在地球上自然形成的并且很容易商业化的矿物质——主要被用于工业除湿器，用来吸收空气中的水汽。这篇关于WAVAR的文章在随后继续阐述了它简单的工作原理：“火星空气经过除尘网被风扇吸进系统之中。经过过滤的空气随后会经过吸附床，在那里水蒸气会被从气流中分离出来。一旦吸附床达到饱和状态，水分就会被解吸、凝结并通过管道进入储存箱。整个装置只有7个组件：一个过滤器，一个吸附床，一个风扇，

一个解吸单元，一个使吸附床旋转的机械，一个冷凝器以及一个活性控制系统。”

为了保证登陆计划的按步实施以及运载规模最小化，WAVAR会由货物飞船提前两年运抵火星地表，到达之后就开始提取和积攒水源，为宇航员的到达做准备。

我要重申这个目前看起来很显然的事实：只要火星上如我们预想般存在水源，人类生命的存活和延续就是可能的。

关于氧气的难题

接下来就是氧气的问题。在航天器中如果氧气耗尽，人就只能呼吸自己所呼出的二氧化碳，接下来就会失去意识，这时离死亡也就不远了。人类在二氧化碳浓度大于5%的空气中只能度过很短的时间，部分原因是人类已经进化出一种自我防御机制——在二氧化碳浓度过高的环境中晕厥。

由此看来，火星并不是一个利于人类生存的环境，因为火星上几乎不存在氧气。根据“好奇号”探测器在2012年收集到的数据，火星上的“空气”是由2%的氮气、2%的氩气、95%的二氧化碳与微量的一氧化碳和氧气所组成。各组成成分会随着季节的不同而有所变化，因为在冬季有些气体会被冻在火星的两极，到了春天再被释放。尽管火星空气中的游离氧占比还不到1%，但火星上实际蕴藏着足够多的氧气，秘密就在于二氧化碳（CO2）的组成。从分子质量来看，二氧化碳是由28%的碳原子和72%的氧原子所组成。如果火星大气的95%都是二氧化碳，那么从质量上来看，火星空气中就有70%的成分是氧。尽管火星大气的浓度仅为地球上空气浓度的1%，但其总量依然是可观的。

由先驱者们开采出来的水含有更多的氧——水的质量中有大约89%是氧。并且地球人已经很好地掌握了将氧从水分子中释放出来的电解技术。电解的过程就是将两个电极置于装了水的容器当中，然后通电，使电流经过容器中的水，氧气就会从水池的正极一边释放出来，负极所在的一边则可以收集到氢气。氢气可以作为一种极好的燃料和能源。实际上，几乎全美国高中化学课程的实验操作课中都会进行水的电解实验。并且电解技术还能带来额外奖励：一旦氧气和氢气被分离出来，就形成了极好的火箭推进剂。电解技术的唯一问题，也是会让火星移民们倍感沮丧的问题：电解需要使用大量的电力。

幸运的是，美国宇航局已经解决了氧气的问题。2020年，他们发射“好奇号”探测器继任者的时候，会携带一种燃料电池，这种燃料电池将能够把火星空气中的二氧化碳转换成氧气和一氧化碳。

这种装置被称为MOXIE，是“火星氧气原位资源利用实验”（Mars Oxygen In-Situ Resources Utilization Experiment）装置的缩写。MOXIE的工作原理与电解水类似，只不过它是在空气中使用高温陶瓷。“电压通过陶瓷，将陶瓷表面已经被催化剂剥离的氧原子分离出来。”迈克·赫奇特博士如是说。迈克·赫奇特（Michael Hecht）博士是MOXIE装置研发项目的主要研究人员，也是麻省理工学院海斯塔克天文台的助理研究主任。美国宇航局研究MOXIE的目的除了要证明我们可以在火星上制造呼吸的氧气，更为了制造火箭燃料的氧化剂。液态氧远比氢气和甲烷等火箭推进剂都要重，因此，美国宇航局一直想实现在火星上制造供火箭返航地球时所需的氧气。这将比从地球一路携带返航所需的燃料要高效得多。

下一代火星漫游车上的MOXIE模块，在标准温度和压力下，每小时只能生产55升的氧气。这个产量看起来并不高，但人类的肺每分钟只需要消耗5～6毫升氧气。“至少，MOXIE可以产生足够维持人类呼吸的氧气，只要人类不进行剧烈活动。”赫奇特说。如果MOXIE的工

作效果能达到预期，美国宇航局将会把规模扩大到上百台，这可能会需要一个核反应堆来提供电力。

“MOXIE的规模可能仅为未来会真正支撑火星移民任务工厂的1%，”赫奇特说，“计划是先在火星上建立一个包含核反应堆和氧气工厂机器人的工作站，然后在26个月之后，在确认氧气储存罐已经充满并且反应堆还在继续工作的情况下，再向火星发射载人飞船。”

在地球上，人类呼吸的空气是由约78%的氮气和21%的氧气所组成的。尽管人类也可以呼吸类似氧气与氦气所组成的其他混合气体，但不能呼吸由20%的氧气和80%的二氧化碳所组成的火星空气。与氧气混合的气体必须是不会发生化学反应的气体，或者惰性气体，比如氩气或者氦气。氮气虽然通常不被认为是惰性气体，但两个氮原子组成的分子结构十分稳固，几乎不会与其他元素发生化学反应。

关于食物的难题

食物也是一个关系到人类能否在火星上生存的关键问题。农业科技在世界的很多地方都已经高度发达，包括美国。因此，很多博士研究生已经研究多年致力于寻找人类在火星上进行粮食种植的方法。（不管他们是否愿意，火星移民都将是素食主义者，因为饲养动物的效率实在太低了。）如果首批先驱者降落在火星赤道附近，白天的气温会足够温暖，可以建立充气温室。这些温室将会被完好地隔离起来，并且使用被动式太阳能技术，比如通过将热量吸收石一直暴露在太阳光下吸收热量，并用电力加热的方式平衡夜间温度陡然降低带来的巨大温差。同时还会需要比火星现有大气层密度更大的空气。在火星赤道附近，一天一般由12小时白昼和12小时黑夜组成。火星温室中所需的测算压强值各不相同，但植物学家们预测在大气压力只有地球十分之一的环境中是可以培育植物的。根据国际空间站里进行的实

验，植物在零重力的环境中可以生长，但是谁也不能确定火星引力——大约是地心引力的38%——会对植物生长产生什么样的影响。

我们对火星表面的风化层已经有了足够的了解，可以确信很多风化层都可以成为良好的土壤（主要取决于它们是挖自什么地方）。通过火星登陆器的观察以及对降落到地球的火星陨石的研究，我们发现火星表面存在一种叫作蒙脱石的黏土，这种黏土在地球上很常见，经常被用于制作猫砂。这种黏土吸水性强，对植物生长有利。但火星土壤可能存在酸性或碱性过高的问题，需要中和处理，还需要补充氮元素等植物营养成分。如果可以获得充足的水并使它们保持液态的话，无土栽培技术——不使用土壤，在包含充足养分的营养液中栽培植物——将为人类在火星上成功栽培农作物提供最有力的保障。

安吉洛·维米伦是一名生物学家和艺术家，曾经在模拟的火星环境中生活了几个月，他曾说："我个人不太确信温室栽培植物在火星上可以行得通，因为火星上光照太少而辐射太严重。这幅图画出现在火星明信片上可能看起来很美好，但并不现实。"作为替代方案，安吉洛比较看好无土栽培的"生长室"，将生长室埋在土丘下面或者修建在自然形成的熔岩管道里面，以屏蔽过强的太阳辐射。维米伦说："在火星上种植粮食，是一门关于控制的艺术。你需要准确地控制环境状况。你可以通过发光二级笔灯泡控制光频、光谱和光照强度，利用无土栽培精确控制水和养分，这样我们就可以更好地确保农作物获得良好生长。"

尽管早期的火星居民们需要调整温室或者生长室中空气里过高的二氧化碳比例，但保留相对高一点的浓度可能会有利于提高农作物的生长速度和产量。维米伦说："可以通过逐渐调整二氧化碳的浓度，找到一个最佳比例。"火星上的日照总量大约是地球上日照量的60%。在火星上的中午时分，阳光为每平米的农作物提供的能量大约是600瓦。而在地球上，这个数据大约是1 000瓦／米^2。火星上正午的阳光基本

上相当于地球上的下午——当太阳光相对于地平线呈35°斜着照射时的强度。你可以将火星上的太阳想象成类似于米兰、芝加哥、北京或札幌等城市在冬天照射到的阳光。

火星上的粮食既需要富有营养，同时也必须具备不占空间的特征。尽管豆类富含蛋白质和纤维素，可能会是火星上日常食物的一种，但对于火星上究竟应该种植哪些农作物的研究还没有完成。蘑菇可以在由人类无法食用的食物残渣做成的肥料上生长，有可能会是火星上食物的一种。如果让维米伦来设计这份食谱，上面可能会包含昆虫："昆虫应该成为宇航员食物的一部分。蝗虫和蟋蟀口感松脆而且富含蛋白质。干的大麦虫我也喜欢，在我的一个研究计划中，我们将炸过的大麦虫与沙拉进行搭配。"

生菜和其他的叶子菜将是十分奢侈却也是不可或缺的种类。"生菜并不是一种理想的选择，因为它的营养价值不高且体积比较大。但食用生菜会对人的心情产生良好的影响，因为生菜新鲜、爽口。"维米伦说。

生物学家想不明白为什么人们依然认为宇航员应该吃罐头食品。"宇航员们想要可口的食物，他们也希望能一起用餐。国际空间站里面的宇航员曾经要求过将一张被拆了的桌子运回地球，以便大家能够再聚在一起用餐。他们需要一起来用餐，追忆过去生活的地方——实现一种与文化和身份认知的联结。而且不同国家的宇航员想要的食物也不一样，比如中国和俄罗斯宇航员与美国宇航员喜欢的食物就可能有很大不同。"

近期由荷兰经济事务部（Dutch Ministry of Economic Affairs）支持完成了一项为期50天的模拟实验。这项实验在荷兰的一个温室中进行，尽管没有控制重力和光照差异，但实验结果依然为我们在火星上种植粮食的可能性提供了很多积极的证据。美国宇航局为荷兰的实验者们提供了来自夏威夷和亚利桑那州的土壤，模拟火星风化层。实验

者将4 200种植物从种子阶段开始培养，而在模拟的火星土壤中，每一种作物都发芽了。在所有试验品种中，水芹、土豆、黑麦和胡萝卜是比较适应模拟火星土壤的种类，这些品种的植物如预期的一样，保水性比较好。其他相关的实验还在继续进行，包括由加拿大研究者在德文岛上进行的实验，以及火星学会在美国犹他州进行的温室培养实验。

不管我们在火星种植上可能取得多大的成功，在早期都只会有一小部分食物来自火星的种植。大部分食物将还是来自地球的供给。维米伦表示："我认为我们不可能实现火星上的食物全部依靠火星本地种植。实际上，如果本地种植的食物能够占到总体的10%就已经是一个好的开端了。"一部分原因是火星种植对生长室和相关设备的重量和能量需求都很高。在太空旅行和地外星球生存的事业中，重量和能量需求会是主宰因素。

住所和穿衣的难题

正如植物在火星上需要特别保护措施一样，人类也需要特殊的衣服和住所才能在火星上生存下来。

金属的火箭飞船和充气建筑并非人类对抗火星严酷环境的长久之计。有两种辐射需要面对——太阳辐射和宇宙辐射。太阳辐射就是人们在海边所经历的那种晒伤——来自太阳并且穿透地球大气层保护的高能粒子。宇宙辐射来自于太阳系之外的未知来源，这些辐射更加高能，因此，对于人类来说也更具危险性。在地球上，宇宙辐射已经被厚厚的大气层隔绝了大部分。皮肤不是宇宙辐射的对手，它可以轻易穿透很厚的金属，并且可以引起电子设备的紊乱。宇宙辐射源源不断，很难被隔离，因为这些辐射的能级很高。生活在落基山高海拔地区的人以及经常飞越洋航线的飞行员会吸收很多的宇宙辐射。毫无疑

问，受到辐射的程度与死于癌症的风险呈正相关性，尽管风险概率可能只是有比较小幅的提高。但随着时间的延长，几乎任何辐射都会对人体产生不利影响。

现在，美国宇航局已经开始考虑在类似于火星之旅这样长期的宇宙飞行中提高宇航员承受的辐射值。火星上的稀薄大气层应该足以抵抗太阳辐射。但是太阳耀斑的直接冲击会对人体健康产生长期损伤，尽管这比较少出现，但始终有发生的可能。人类在火星的住所上方需要有风化层或者岩石来隔绝辐射，并且越厚越好。而要躲避直接袭向火星的太阳风暴，则需要躲在深深的地下岩洞或者类似这样的住所里。

由罗伯特·组布林所著并经过他数十年不断完善的《火星指南》提案中，建议使用一种类似于古罗马时期建筑形式的穹顶式建筑结构，这种建筑将使用由火星风化层经过一定工艺制作的砖来修造。一系列穹顶式建筑整齐地排列在火星之上，为人类提供躲避寒冷和辐射的绝佳庇护之所，而这些建筑之上如果再覆盖3米左右的风化层，效果会更好。

定居火星的拥护者们也认为宇航员应该具备利用火星上常见的材料来制造塑料、铁、钢以及铜等建筑材料的能力。所有相关的计划已经被彻底地研究过了，但这些计划都需要大量的能量以及很多特殊设备。组布林想象的图景中，会使用装有推土机器和刀片设备的小货车来挖掘火星上极为坚硬的冻土。

要找到良好的居住问题解决方案需要用到人类先祖的经验。纵观人类历史，人类曾经非常智慧地适应周遭的环境，使用当地可以获得的材料，形成契合当地特殊生存环境的居住形式。同样的适应过程也会发生在火星上。但早期的定居者们可能必须生活在山洞、裂谷或者是熔岩管道中，以躲避辐射。最终，火星会在人类不断创造仿地球生

存环境的努力下，变成一个类似地球的行星，辐射的危害将随着火星大气层密度的增加而逐渐减弱。

在保护火星移民们不被辐射和寒冷气温侵害的过程中，衣物扮演着重要角色。而且衣物是唯一可以解决气压过低这一火星上特有问题的方法。在地球上，人类生活在较高的大气压强环境中。张开双臂，试着想象你身体上方有绵延数千米的空气在挤压你每一寸的皮肤。这些空气在海平面的平均重量为6.7千克。人类的身体为了适应地球上时刻存在的大气压力，体内产生了相应强度的由内向外推的内压。而火星上的大气压力仅为地球大气压力的1%，人类登陆火星后就会出现人体内压远远高于外压的失衡情况，因此，如果没有压力服来平衡人体由内向外的压力，人类就不能在火星上存活。不像水源、氧气、食物和住所等方面的问题，压力差只有通过一直随身穿着压力服才可以解决，除非我们选择生活在经过增压的密闭空间中。

达瓦·纽曼（Dava Newman），麻省理工学院航天学教授，正在研究一种非增压的、更加轻便、灵活的宇航服设计，专门用于“太空活动”。她说：“从物理学角度来说，我们只需要提供大约相当于地球上1/3的大气压力就可以了。”这个数字大约相当于3 515.4千克／米^2。她所设计的航天服更接近于可穿戴的衣服，而非笨重的胶囊舱。在纽曼的“第二皮肤生物服”设计中，她使用高分子聚合物和具有形状记忆的合金材料制造一种富有弹性、比现有的增压式制服轻便得多的航天服。

为了保证肢体的灵活性，在衣服的设计中，纽曼没有过多地考虑辐射隔绝的功能。“我不打算将辐射防护层放进衣服里面，因为真正的辐射隔离措施通常既笨重，体积又大。我们需要隔离辐射吗？当然需要。但在衣服里面我们只需要考虑一小部分辐射防护的功能。”因为宇航员们的大部分时间都会在火星车或者庇护良好的住所中度过。纽曼说：“到了我们真正将人类送上火星的那一天，通过中间数十年间火星

探测器和轨道探测器不断传回的信息，届时我们应该已经对火星上的辐射环境有了充分了解。”

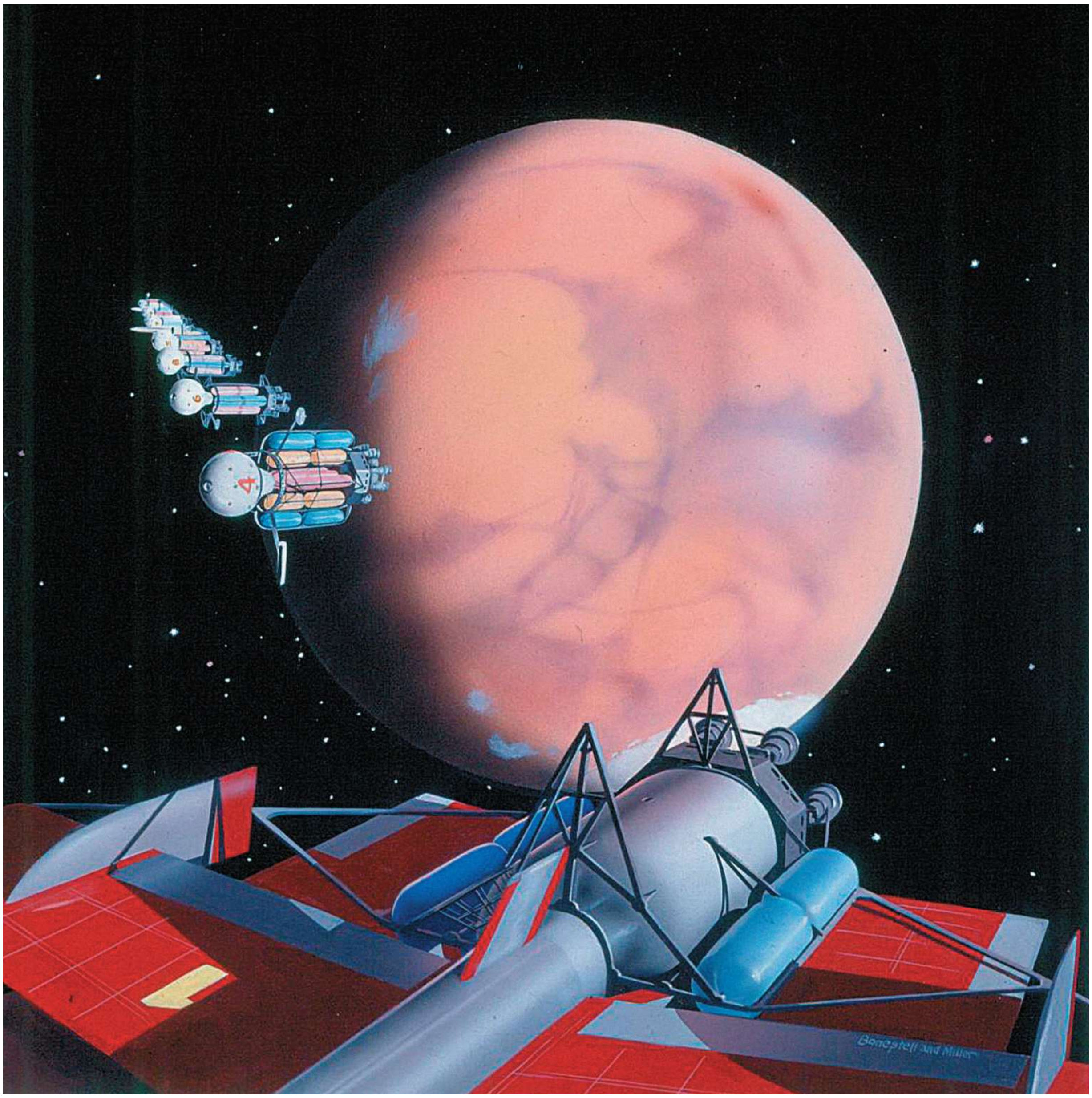
所有这些问题都可以归结成人类在火星上将面临的一个终极挑战：在如此严酷的环境中我们要如何生存？答案就在于增温技术的创造性研究中，增温技术将提高火星大气的浓度——简单来说，就是将整个火星环境改造得更像地球。这个过程被称为星球改造，可能需要花好几个世纪才能完成。但它可以实现，而且最终一定会被实现。

火星生活设想



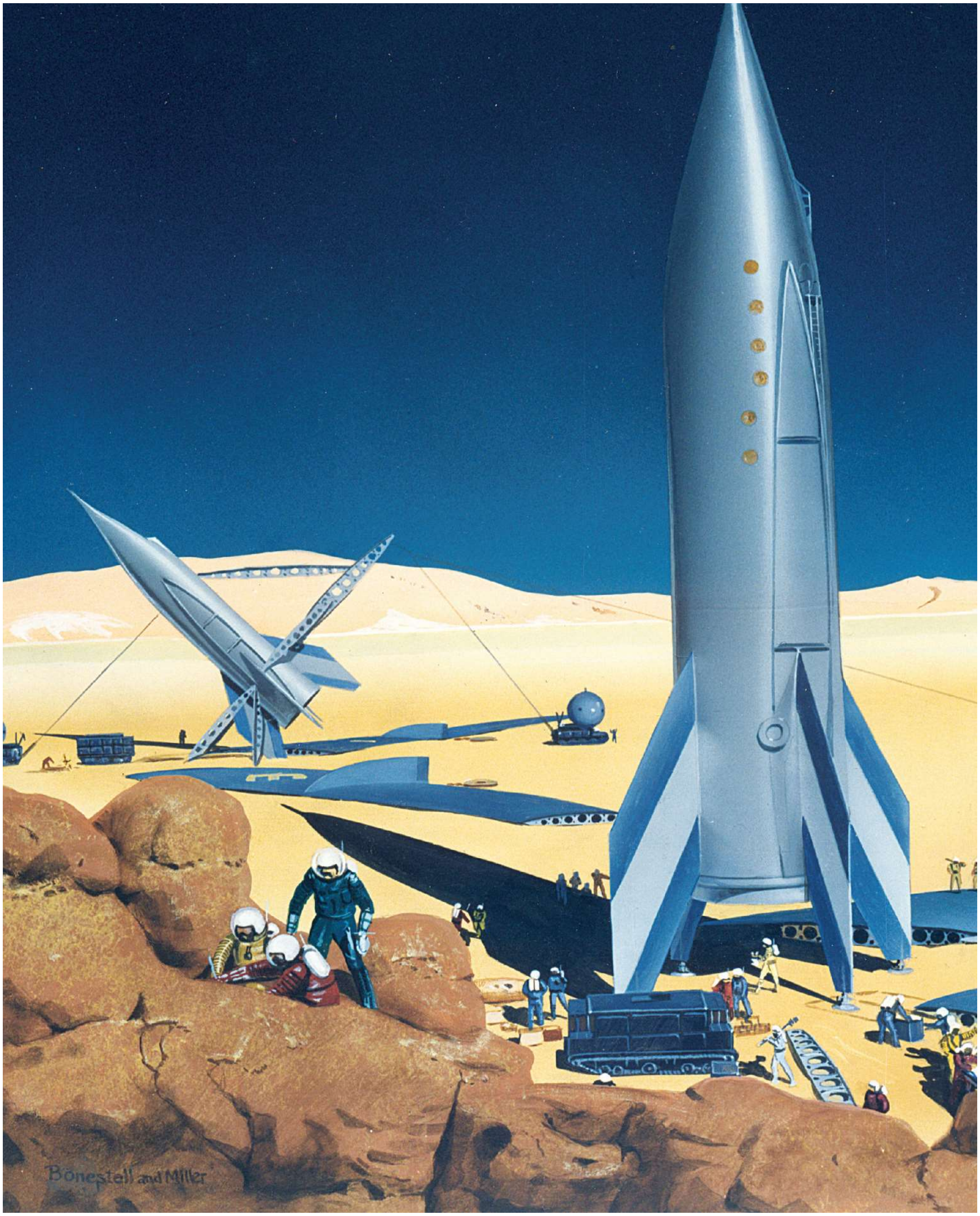
火星的北半球基本是由沙质平原所组成，红色的铁氧化物是其主要成分之一。位于火星赤道附近的“水手号”峡谷有着锯齿状参差不齐的边缘，深度约达8千米，宽度接近整个美国国土跨度。

／图片版权：美国宇航局，路易斯研究中心／



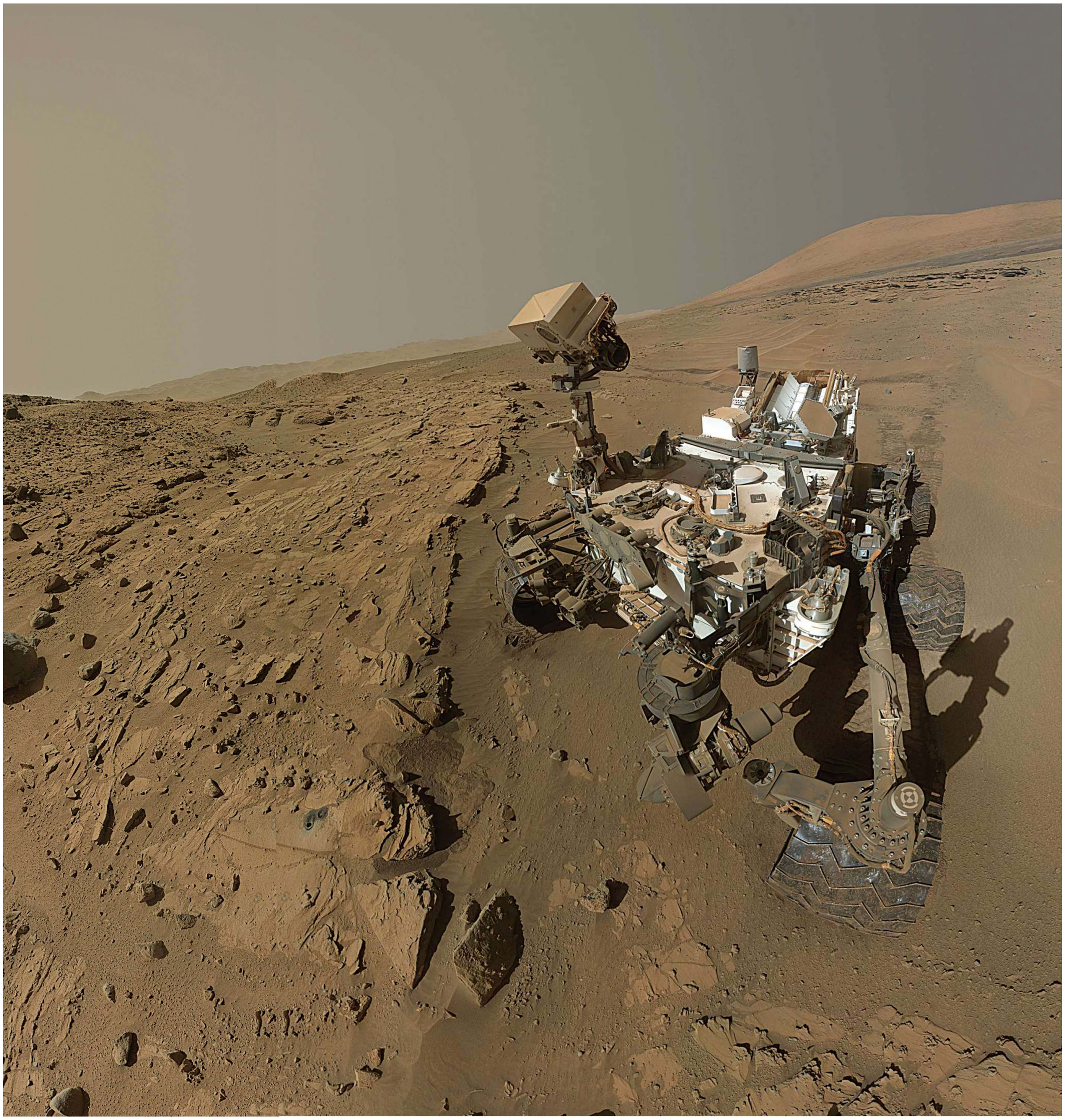
《科利尔》杂志1954年某期杂志的封面点燃了大众关于太空旅行的兴趣，并且这种兴趣随着时间推移日益增长。
／图片提供：博恩斯特尔公司／



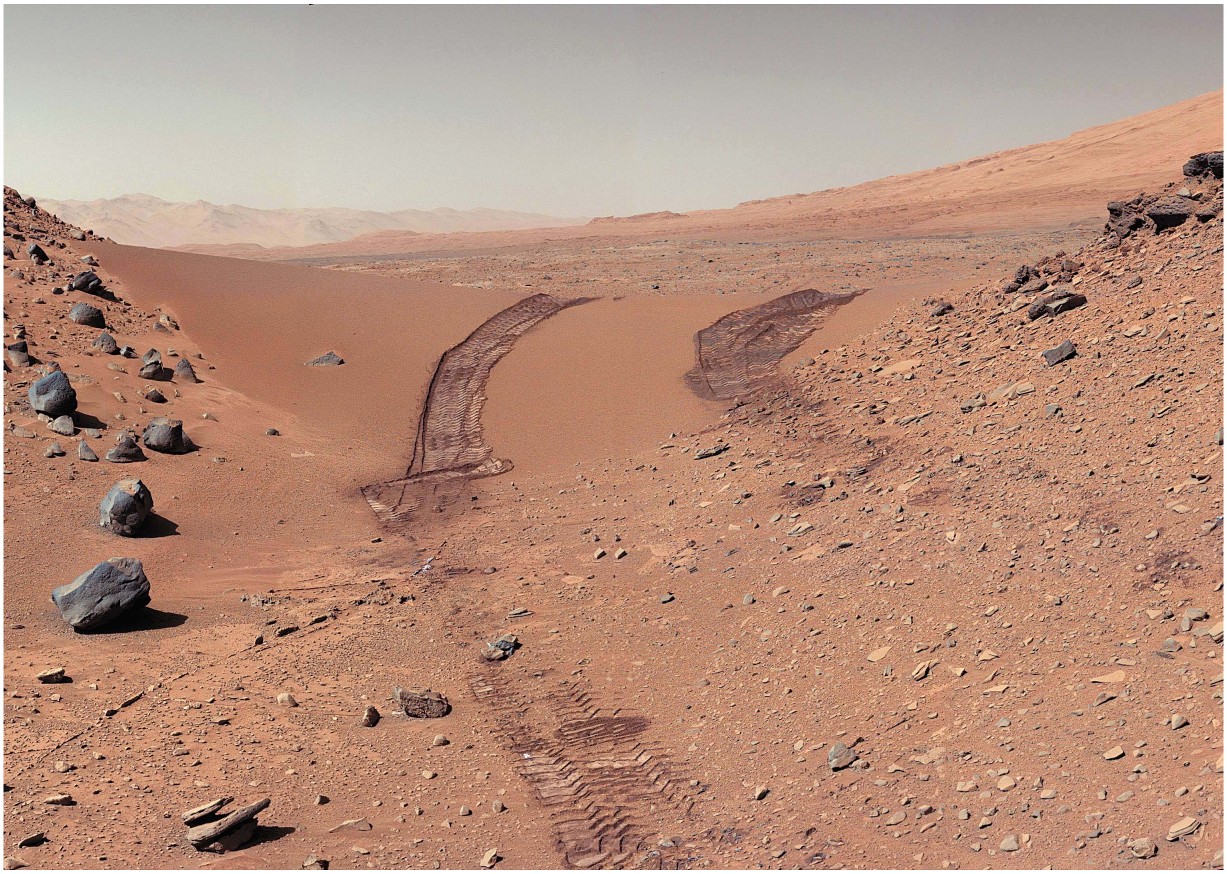


这是1954年一名杂志插画师关于火星登陆场景的描绘，这幅想象中的画面是基于后来成为工程师的德国前纳粹军官——韦纳·冯·布劳恩的研究。

／图片提供：博恩斯特尔公司／



／图片版权：美国宇航局，加州理工大学喷气推进实验室，马林空间科学系统／
“好奇号”探测器在从一块名为“Windjana”的砂岩上钻取岩石标本的时候，拍下了周边环境，并合成了这张“自拍照”。



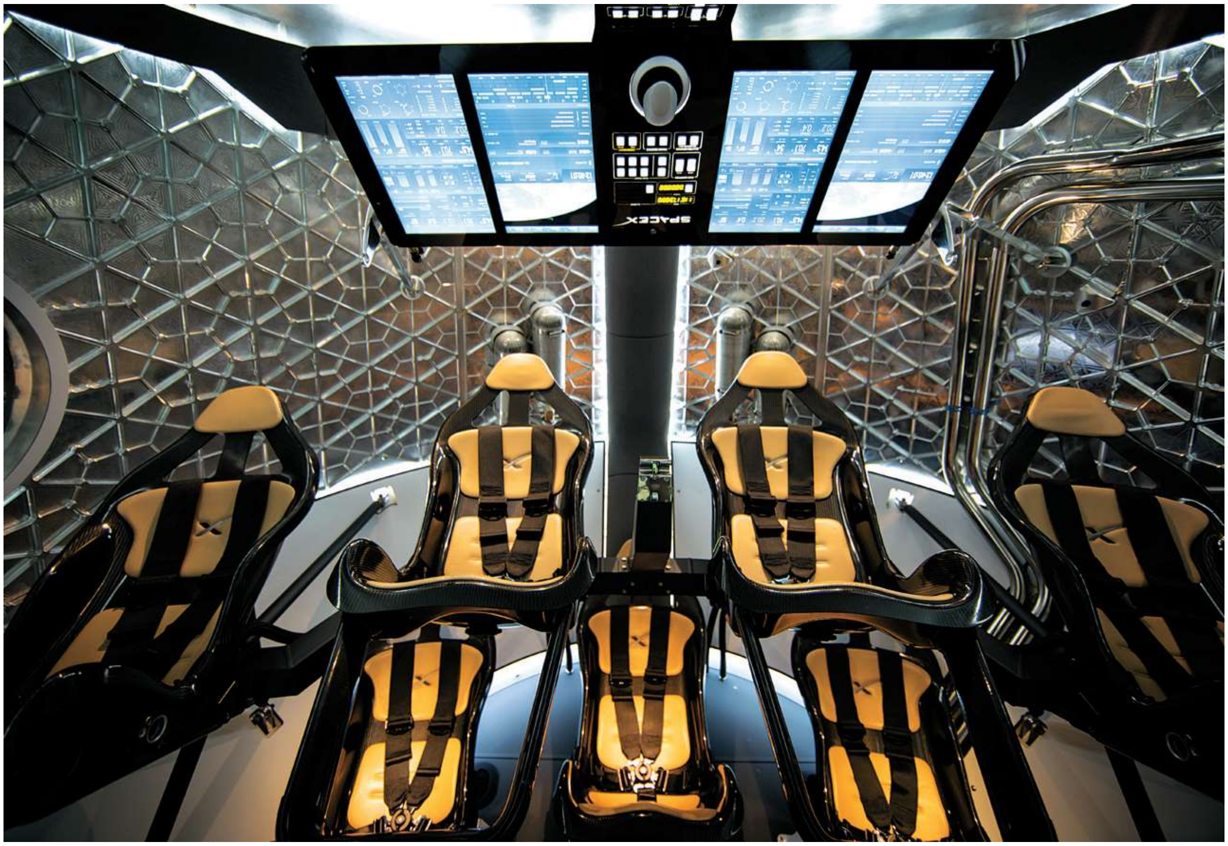
轮胎印痕记录了“好奇号”探测器经过一座火星山丘时的轨迹。
／图片版权：美国宇航局，加州理工大学喷气推进实验室，马林空间科学系统／





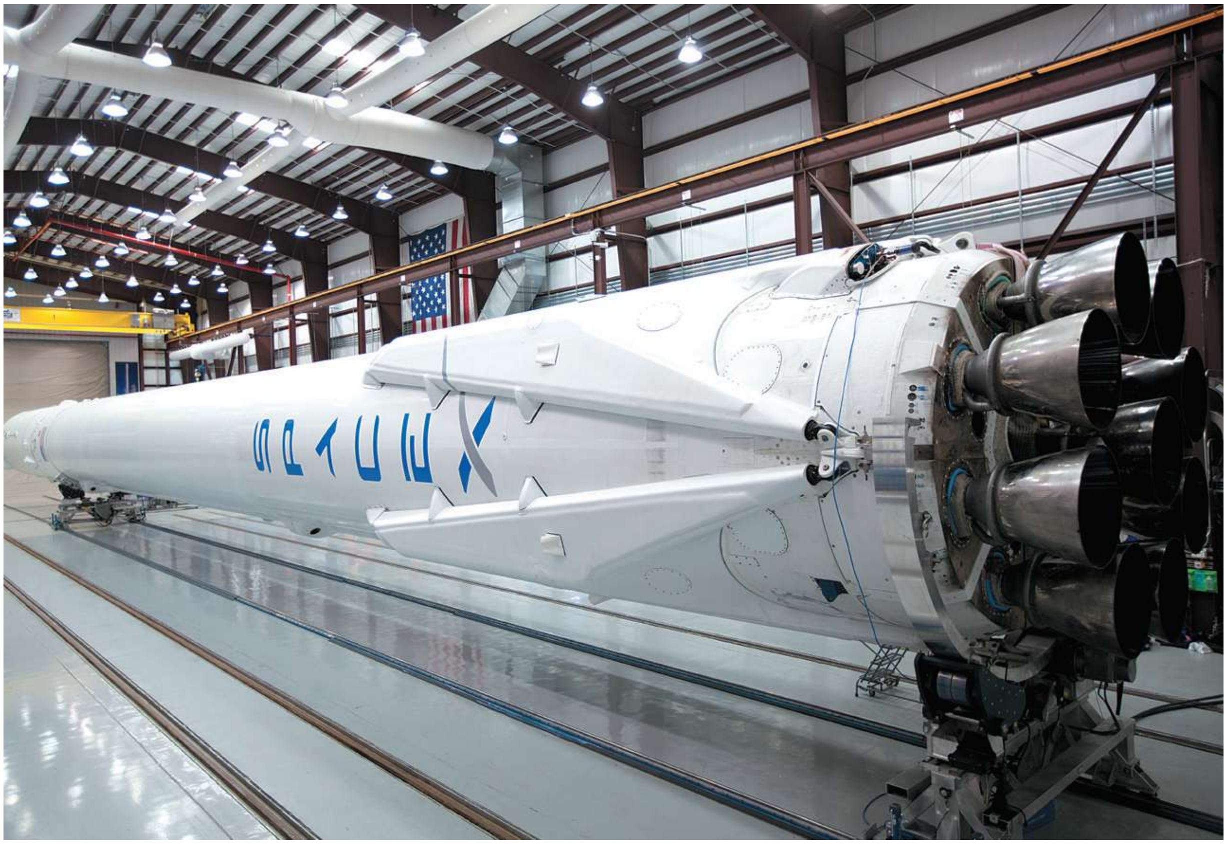
太空探索技术公司设计的“天龙号”宇宙飞船，用于将宇航员和货物运送到地球轨道。为了将来征服火星的旅程，一个更加复杂、先进的飞船雏形已经在该公司的首席执行官埃隆·马斯克的脑海形成。

／图片提供：太空探索技术公司／

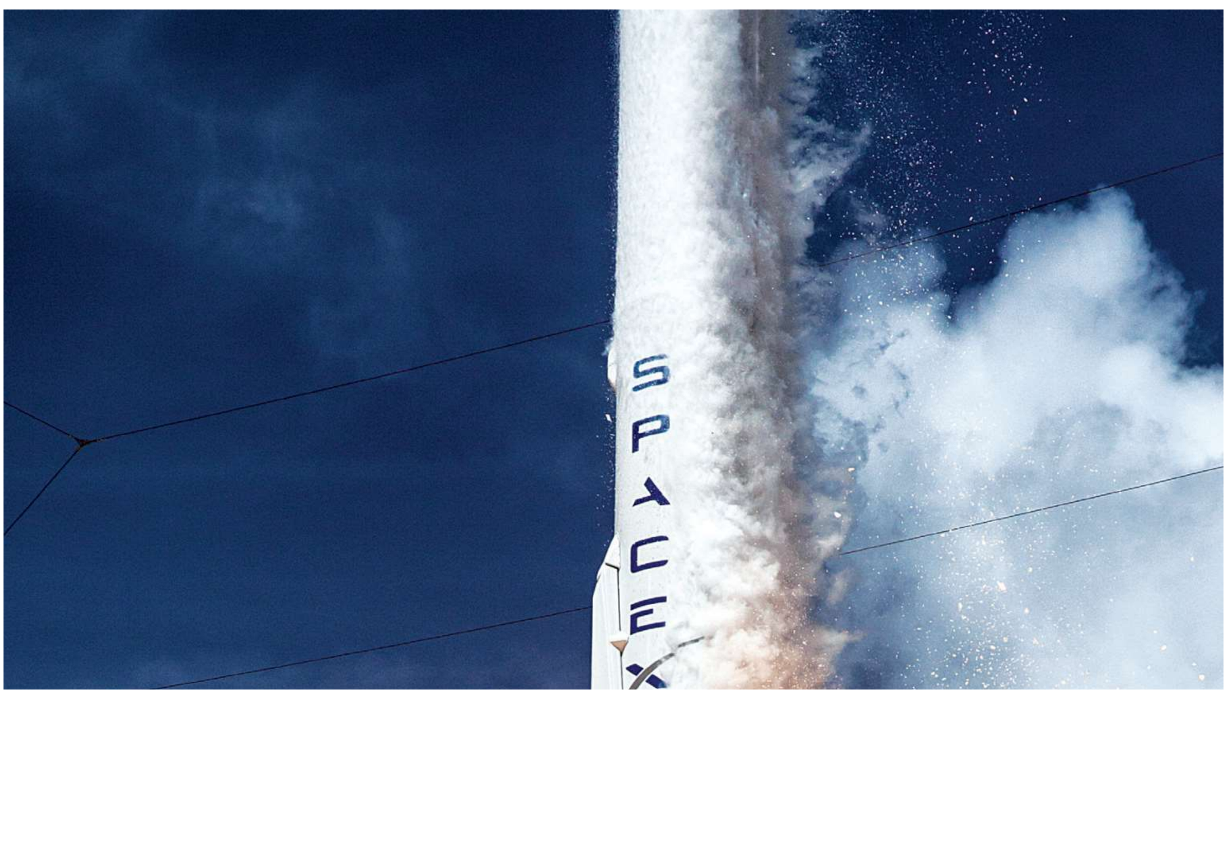


“龙二”飞船是太空探索技术公司的第二代宇宙飞船，可以搭乘7名宇航员。作为美国宇航局“商业宇航员计划”的运载工具，“龙二”飞船计划将于2017年发射。由丹尼斯·提托组建的非营利性计划“启迪火星”，提议由“龙二”飞船执飞，在2021年运送一对夫妻进行一次为期580天的飞跃火星的发射计划。

／图片提供：太空探索技术公司／



“猎鹰9号”火箭（如图）和“天龙号”宇宙飞船在过去的3年中共同完成了6次往返国际空间站的物资运送任务。目前已在研发过程中的重型“猎鹰”火箭会是未来实际运作中最强有力的火箭，将有望由它完成载人月球探索计划以及火星载人登陆。
／图片提供：太空探索技术公司／

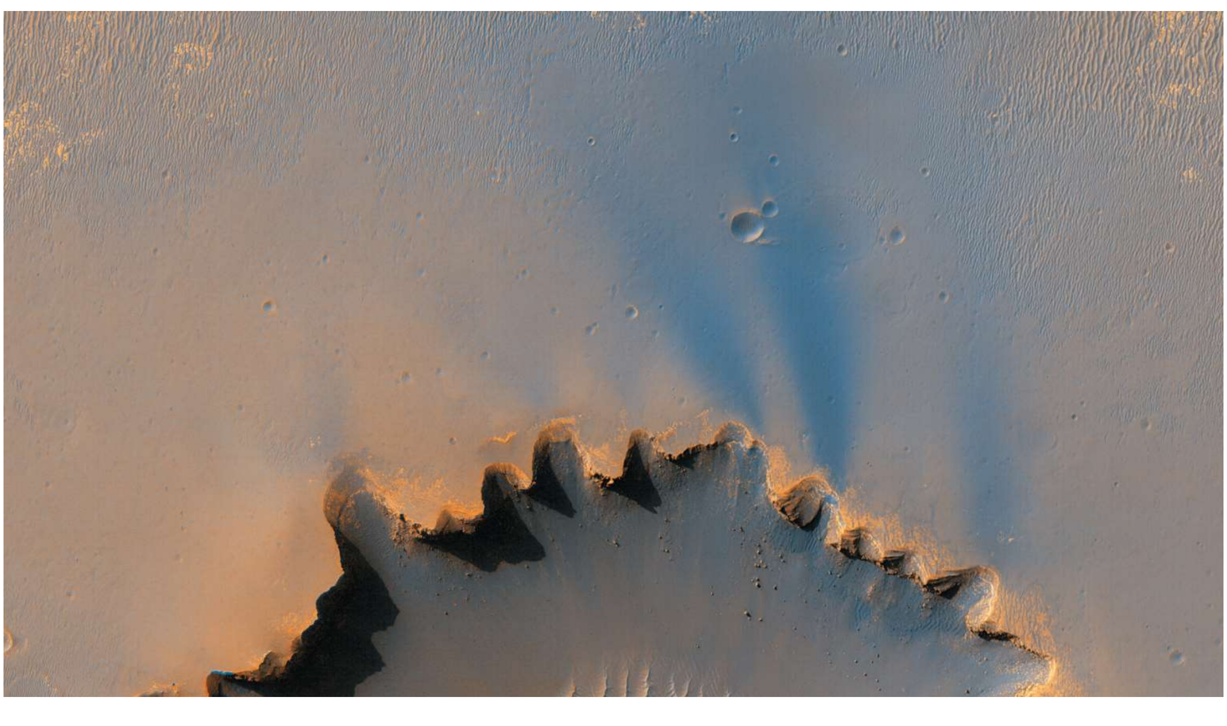




当“猎鹰9号”被发射升空时，它的第一阶段会由9个由太空探索技术公司所设计的梅林引擎来驱动。即使是在损失2个引擎的情况下，“猎鹰9号”火箭依然可以完成发射任务。
／图片提供：太空探索技术公司／

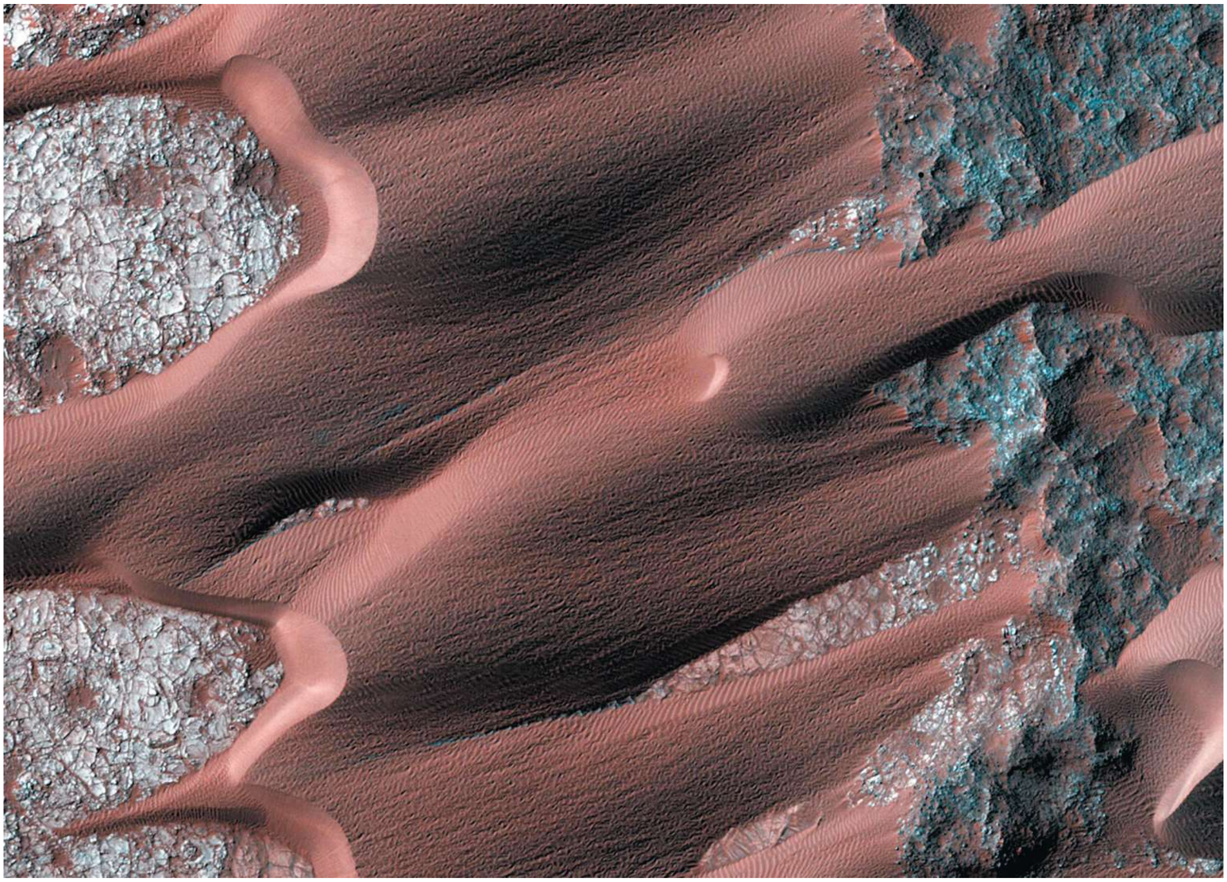


太空探索技术公司所研发的“天龙号”宇宙飞船于2012年在国际空间的第一次成功停靠，证明了私人企业也可以在曾经只有政府机构参与的太空探索领域取得卓越成绩。
／图片提供：太空探索技术公司／





800米宽的“维多利亚陨石坑”包含了大量的火星地质信息，美国宇航局的“机遇号”探测器花了将近一年的时间对它暴露出的岩石层进行检测。对岩石的探测结果显示，很久以前，一个由地下水组成的巨大网络形成了当时的火星风貌。
／图片版权：美国宇航局，加州理工大学喷气推进实验室／

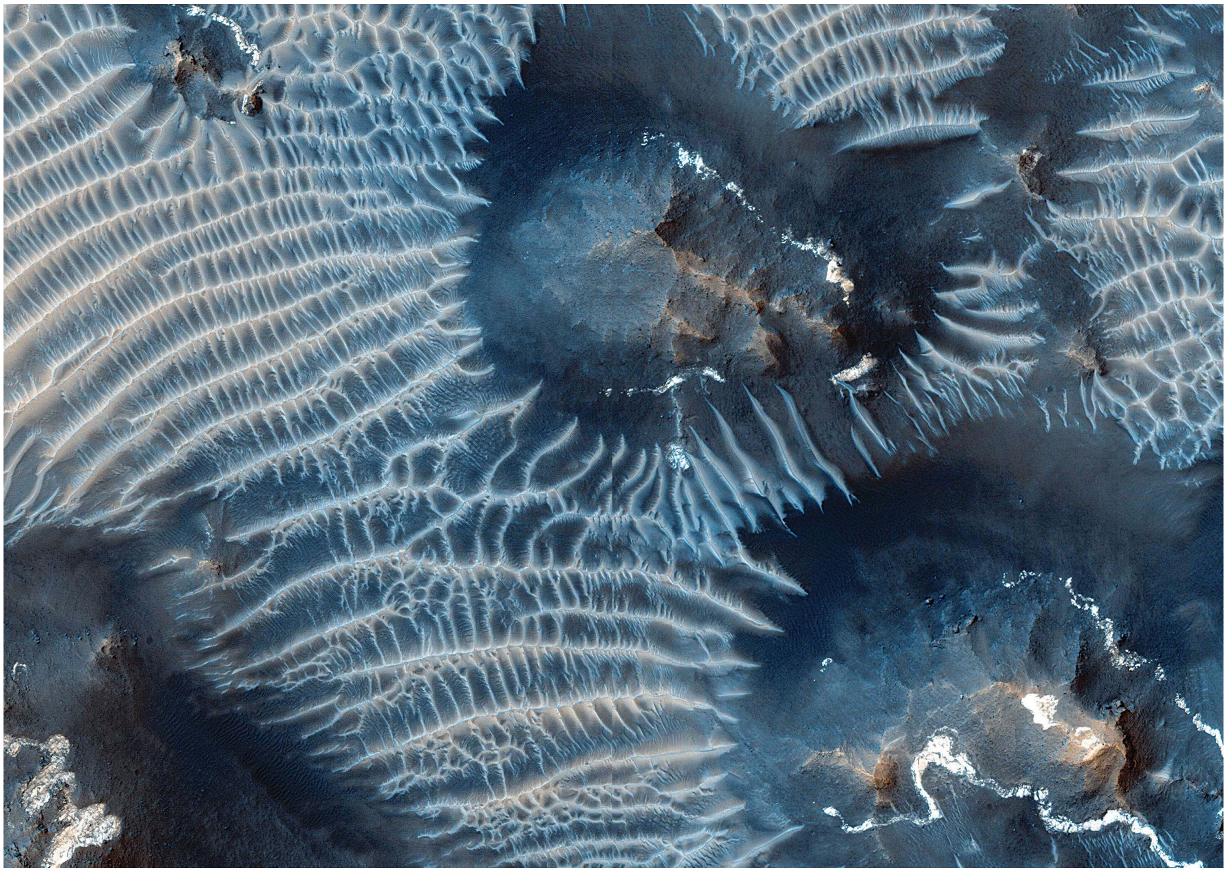


美国宇航局通过监测类似图中活动山丘的变化来追踪火星上风的季节、年度变化情况。图中山丘的顶峰因为风的变化而被分开1 000米之远。

／图片版权：美国宇航局，加州理工大学喷气推进实验室，亚利桑那大学／

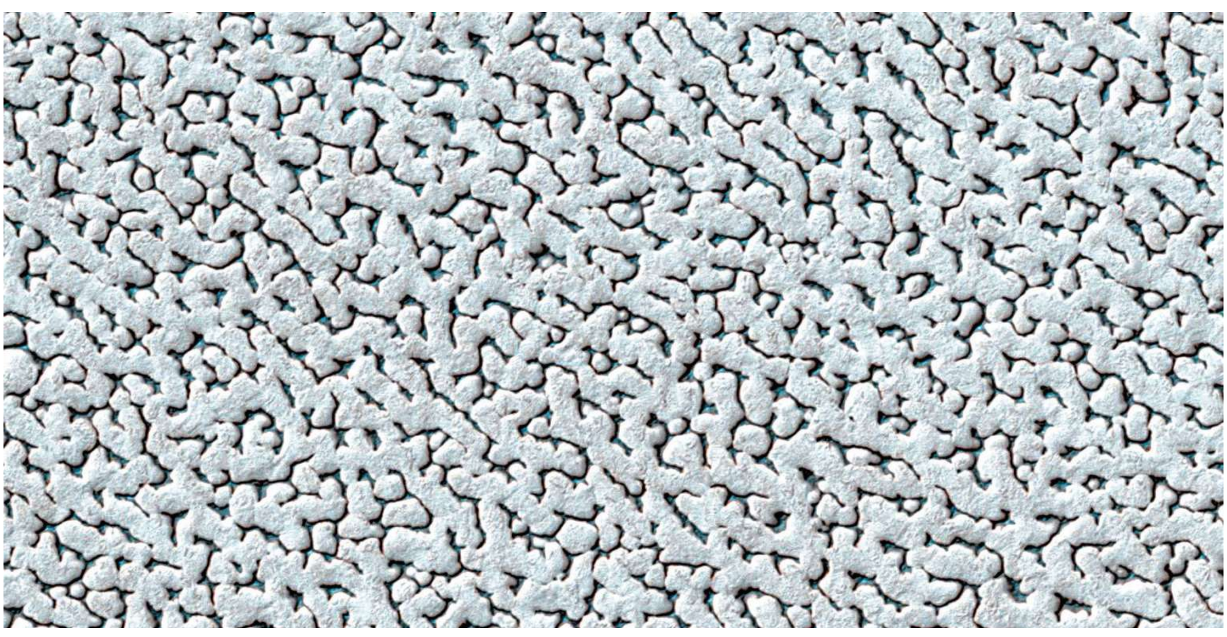


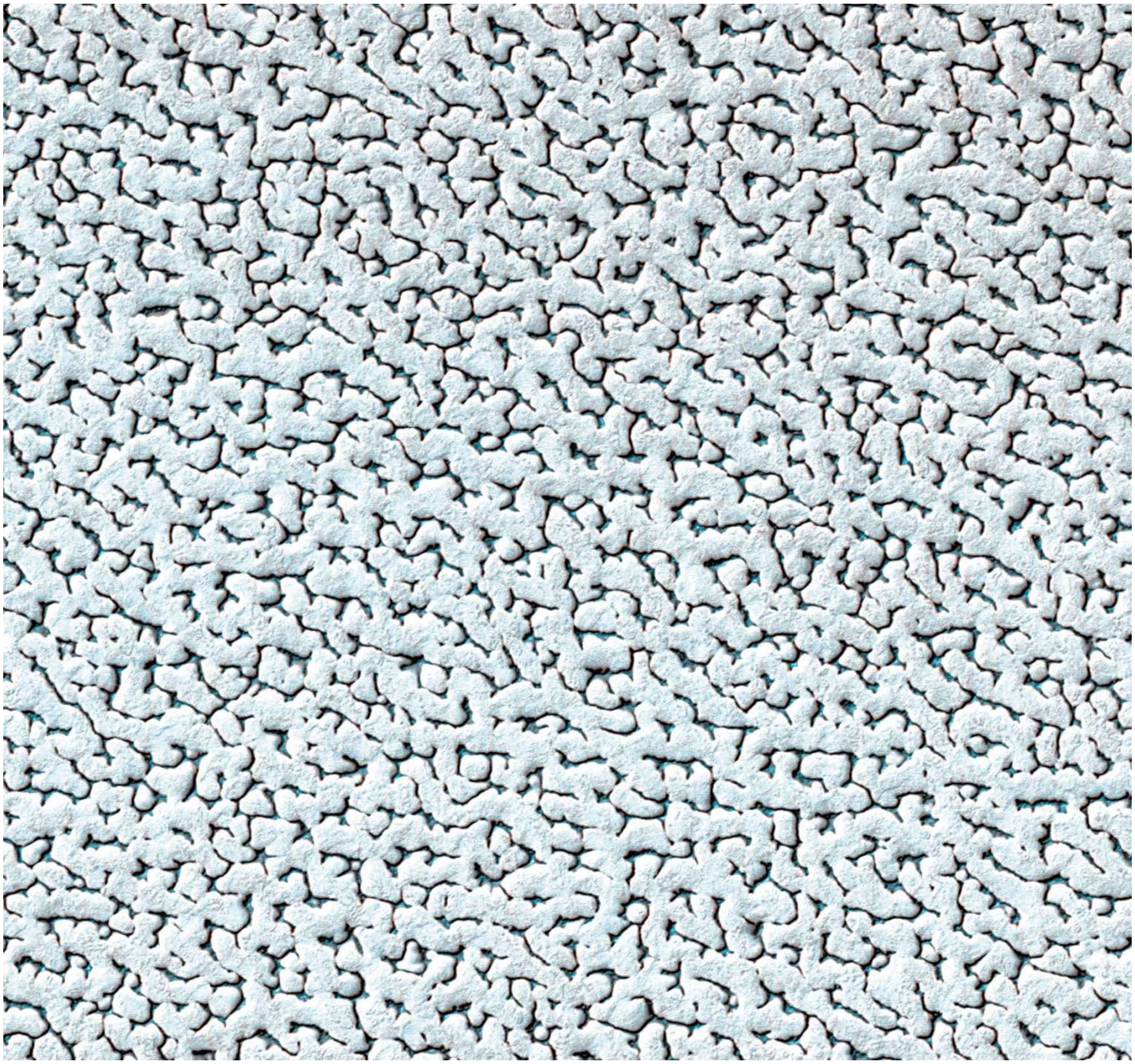
风把这个陨石坑里的山丘吹成了“V”字形，就像迁徙中的鸟儿飞翔的阵型。
／图片版权：美国宇航局，加州理工大学喷气推进实验室，亚利桑那大学／



图片显示了火星上神奇的“克提斯迷宫”地区的崎岖地貌，深色砂土山丘成片地并排着，形成了一个由褶皱的山脊所组成的庞大网络。这些山丘随着风的吹拂在火星地表迁徙，从火山石中获得含铁氧化物，因此呈现深色。地球上的岩石主要呈现苍白的颜色是因为地球岩石的主要成分是石英。

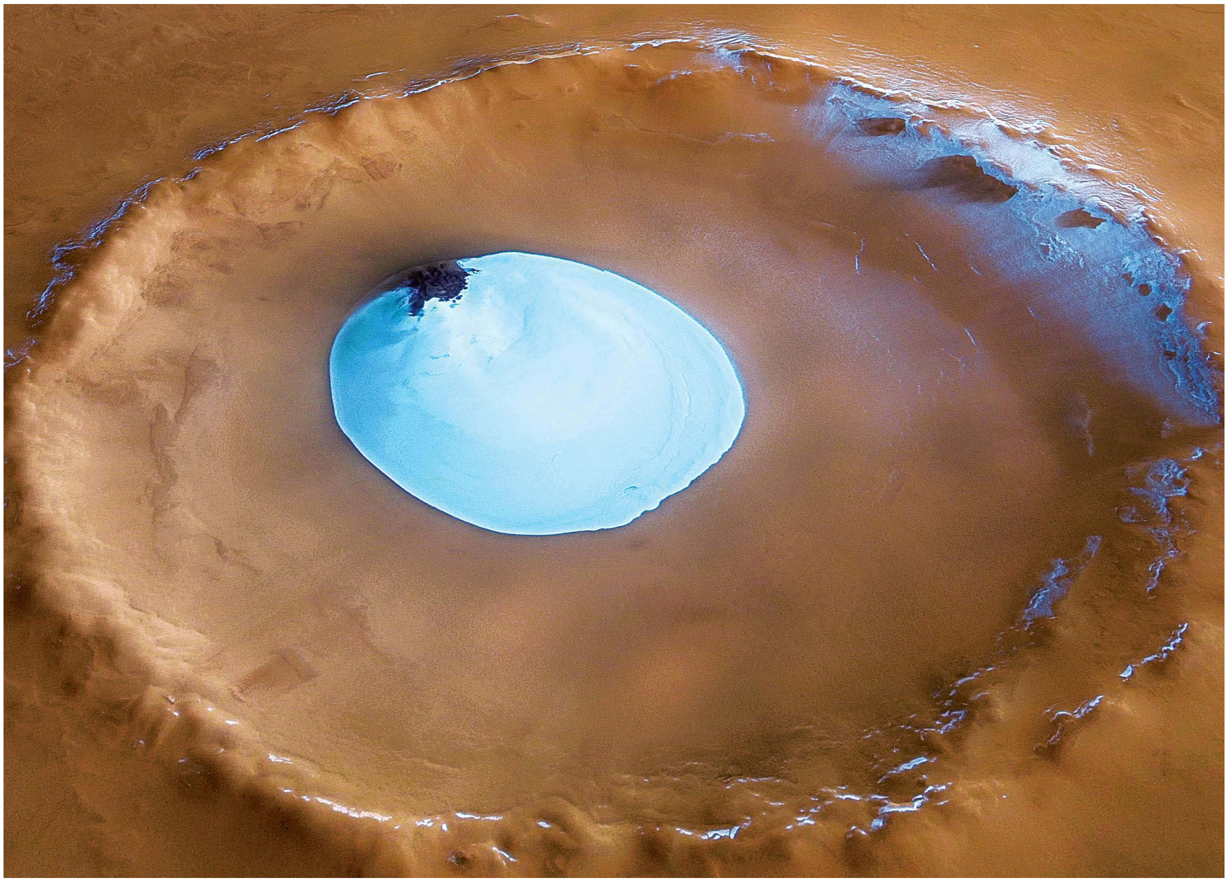
／图片版权：美国宇航局，喷气推进实验室，亚利桑那大学／





固态水是火星北极冰帽的主要成分，这为火星确实存在“生命之水”（尽管是固态的）提供了清晰的证据。

／图片版权：美国宇航局，加州理工大学喷气推进实验室，亚利桑那大学／

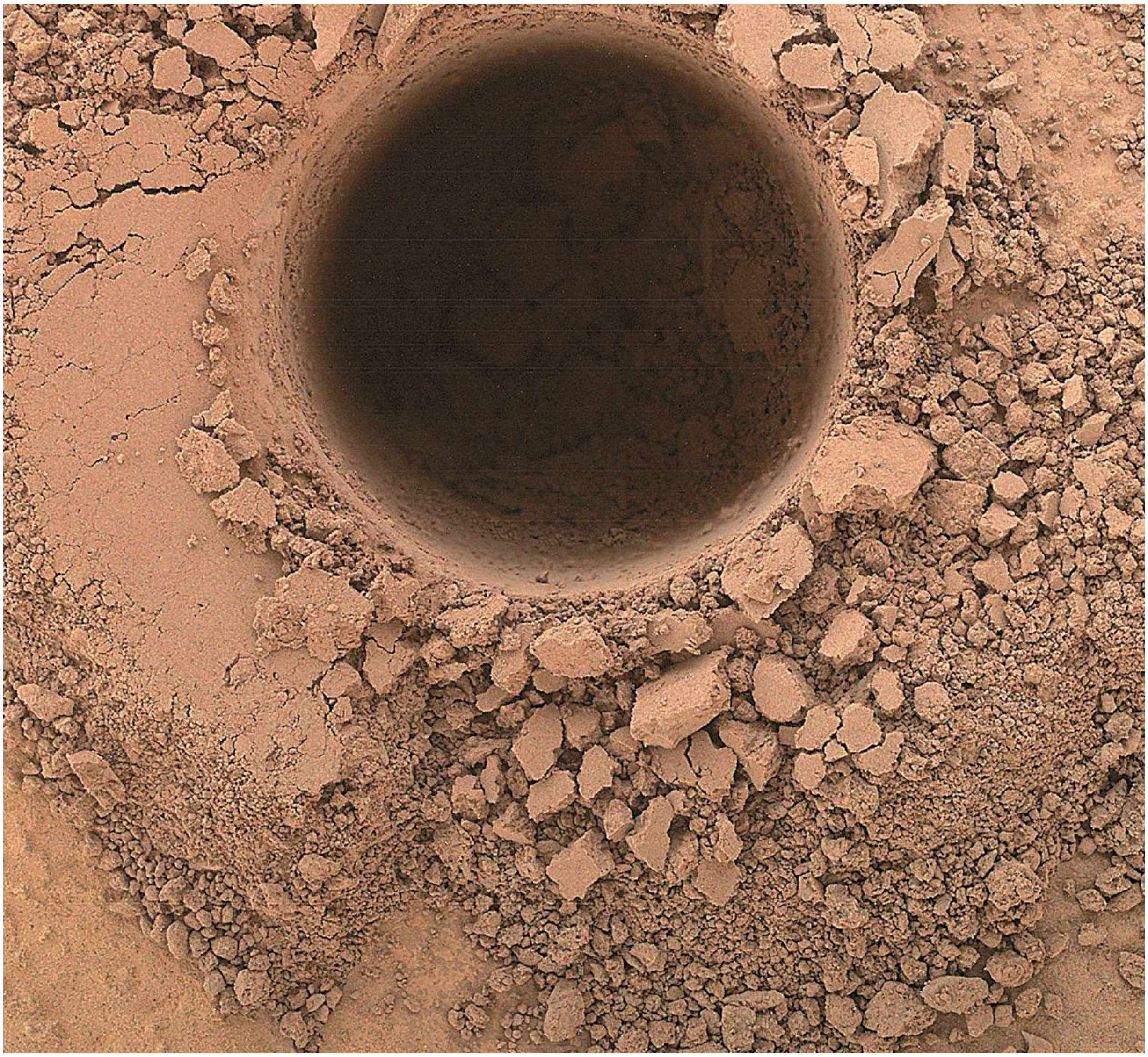


在火星北极附近一个宽35千米的陨石坑中，固态水形成了一个冰湖。
／图片版权：欧洲宇航局，德国宇航中心，柏林自由大学的G·诺伊库姆／

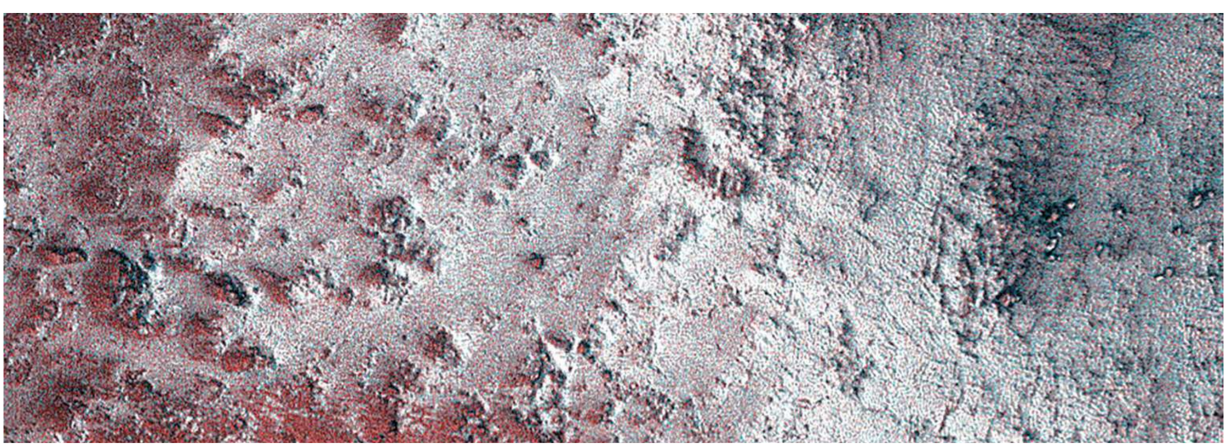


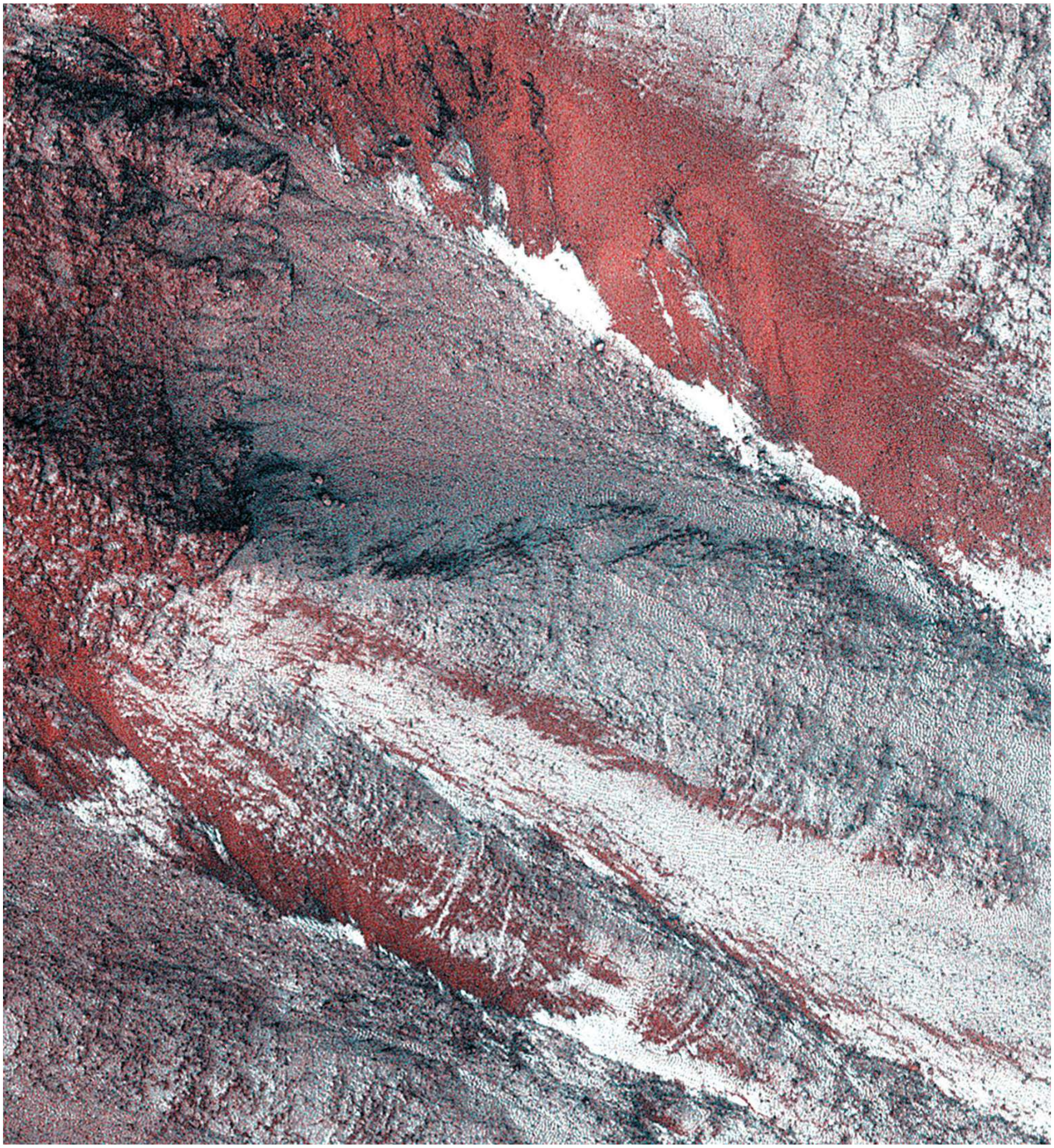
“好奇号”火星探测器于2014年5月25日发现了这颗直径约2米的铁陨石，这颗陨石被命名为“黎巴嫩”。
／图片版权：美国宇航局，加州理工大学喷气推进实验室，洛斯阿拉莫斯国家实验室，法国国家太空研究中心，法国图卢兹行星天文物理学研究学会，LPGNantes，航空科学学院，马林空间科学系统／





样本钻坑附近的渣土看起来很像猫砂，而且不仅是外表像。这些渣土含有蒙脱石，是一种猫砂中的主要成分。富含蒙脱石的土壤吸水性很好，能为植物生长创造条件。
／图片版权：美国宇航局，加州理工大学喷气推进实验室，马林空间科学系统／

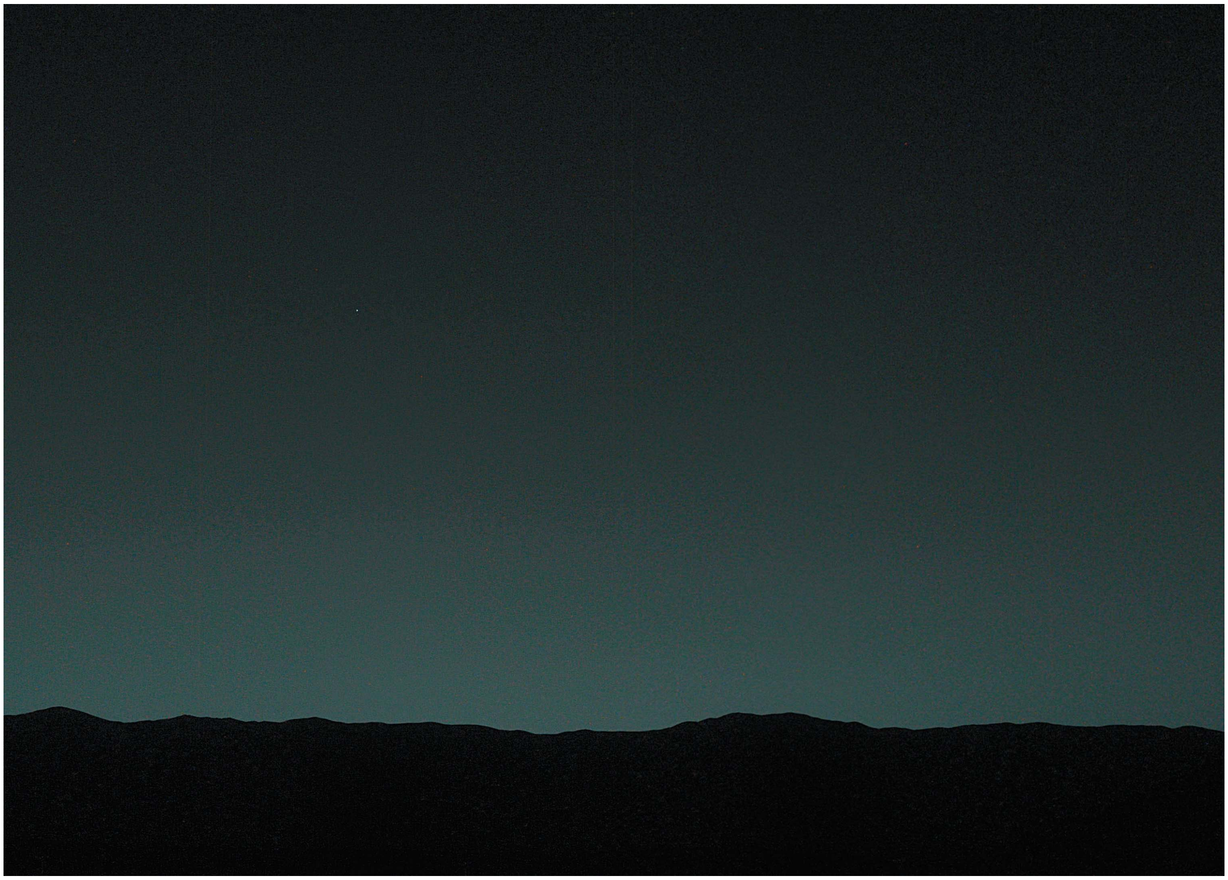




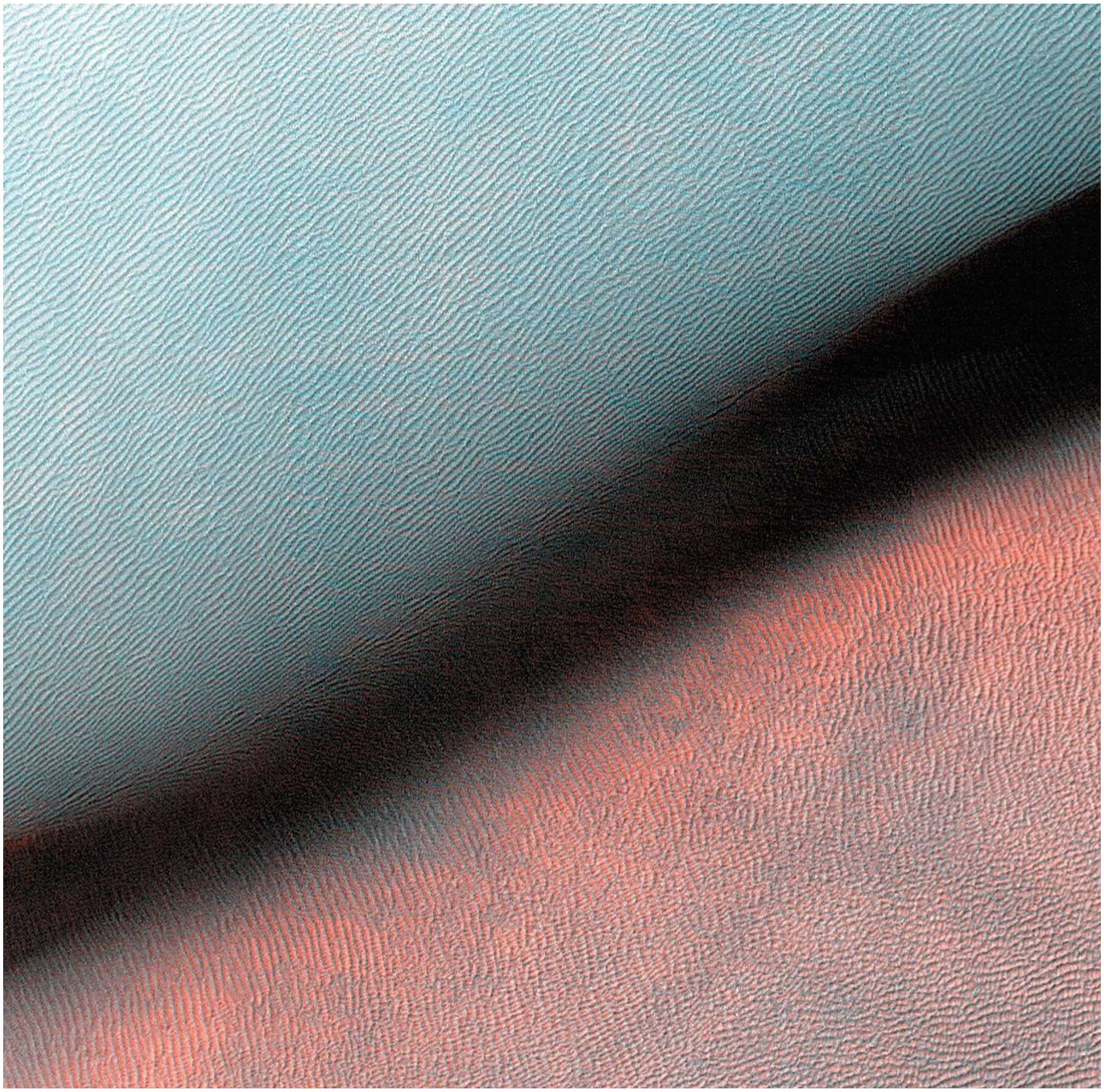
寒冷霜冻的火星峡谷表面主要由固态二氧化碳（干冰）覆盖，但也含有少部分的固态水。这为火星上存在水源提供了更进一步的证据。
／图片版权：美国宇航局，加州理工大学喷气推进实验室，亚利桑那大学／



沉积岩层层叠加形成了夏普山，这展现了火星上百万年的地质变迁历史。
／图片版权：美国宇航局，加州理工大学喷气推进实验室，马林空间科学系统／



火星黄昏时分的天空中，中间偏左的位置有一个白色的光点，那就是我们所在的地球。
／图片版权：美国宇航局，加州理工大学喷气推进实验室，马林空间科学系统，得克萨斯州农业和机械大学／



光和影的效果加深了臀型韵律层的轮廓，这是火星上最为常见的一种由风吹拂而成的多沙地形。这个臀型韵律层蜿蜒超过800米，可能是经过数千年甚至更久的时间才得以形成。
／图片版权：美国宇航局，喷气推进实验室，亚利桑那大学／

第七章
按照地球的样子改造火星

人类已经证明了自己可以神奇地适应各种极端环境——我们轻松地适应了亚马孙热带雨林充满挑战的环境，也能够在格陵兰岛北部常年严寒的冰原上生活。尽管如此，我们依然会对需要随身携带呼吸设备并时刻监控氧气水平感到厌倦，也不想一直在火星极寒的气候中生活。所以我们很自然地开始将注意力放在改造火星气候条件上，将火星大气改造得适宜人类可以呼吸，并将火星地表温度升高。

许多科学家在对火星的进化历史以及自20世纪60年代以来众多火星探测器收集到的信息进行仔细研究之后，认为火星上曾经存在过流动的河流、湖泊以及至少一片海洋，那时火星气候湿润，而且有可能存在生命；但在此时此刻，这些研究结论似乎没有什么价值。

幸运的是，水、大气密度和气温这三者之间确实存在着相互联系。简而言之：如果火星地表的温度可以有所升高，一些现在是被冻住的气体就有可能释放出来，使大气密度得以提高，从而产生温室效应。这个过程循环持续，将使火星温度进一步升高，引起固态水融化，尤其是在靠近赤道地区的固态水。融化的水会四处流动。液态水（加上恰当的气温）将使火星居民们可以在温室之外进行植物种植。然后，这些植物将释放氧气，增加火星空气中的氧气浓度。和在地球上一样，火星上所有生命和生态环境所需的关键要素也是密不可分地联系在一起。

改变和重新建立火星环境的这个过程被称为“星球改造”（terraforming），本意为塑造地表环境。一个更准确的词语应该是“行星改造工程”（planetary engineering）。美国宇航局将之称为“行

星生态综合改造”（planetary ecosynthisis）。尽管人们普遍认为“星球改造”一词是来自于众多科幻小说家，但天文学家卡尔·萨根在1961年就已经提出过将金星“改造”为适合人类居住环境的构想。

星球改造工程将需要耗费巨额资金，并且可能会花掉上千年时间的努力，才可能实现人类在火星行走时犹如徜徉在加拿大西海岸的风光里。但即使只是将火星上特定位置的温度提高几度，都可以使火星居民的生活比2027年第一个宇航员登陆时要舒服得多。火星室外生活的方式将在几个世纪内发生翻天覆地的变化。

星球改造的第一步是使火星变暖，目前已经存在几个关于使火星变暖的方案。在众多方法中，最酷也是最快的一种方式，是在火星地表安装很多巨大的镜子，通过将太阳光反射回地面使地表升温。这种方法在火星南极附近将特别有效，在那里，厚厚的干冰覆盖在固态水之上。然而，安装镜子这种使火星变暖的方案同时也是最昂贵、技术难度最大的一种。但这种方法一旦执行，可以在数年之内让火星地表出现流动的液态水（白天，在赤道附近）。用于反射太阳光的镜子将由聚酯类高分子薄膜制成，外面覆盖一层很薄的铝；这些镜子可灵活转动，就像太阳帆一样。镜子将会大得超乎想象——宽度达240千米。它们太重，不适合从地球运输，因此这些镜子将在火星上进行制造。另外一种可能是，回收货物补给飞船上的太阳帆，这些太阳帆制造于地球并随着宇宙飞船一路飞抵火星。太阳帆在货物飞船飞行过程中提供部分必要的推进力，一旦飞船进入火星轨道，太阳帆就可以被取下来并运送到合适的位置以向火星地面反射太阳光。镜子也可以是非常低科技含量的；它们可以被放置在特定的位置，然后，太阳光转化的能量将会让它们脱离地面，而火星引力又会对它们有反方向的作用力，并平衡向外脱离的力。最终它们会成为一种叫作“静星”（Statite）的卫星。

罗伯特·组布林比较推崇这种使火星变暖的方法，并且计算出一面宽240千米的镜子可以将火星南极区域的温度提高10℃。这样的温度提升将足以释放出大量的二氧化碳——一种强劲的温室气体。二氧化碳的释放将触发类似于“失控温室效应”的过程：气温升高使火星风化层中的固态水融化并进一步释放水蒸气——另一种强劲的温室气体。一个宽度近500千米的镜子将使温度提升的速度加倍。

另一种有一定可行性的使火星变暖的方案是到小行星带中放置一大块固态氨的凝结物。要想最终实现在火星上抛开特殊设备自由呼吸，火星大气中还需要含有一种缓冲气体。在地球上这种气体是氮气，占我们在地球所呼吸空气的78%。氨（NH_3）由氮原子和氢原子所组成。如果一个带有大量固态氨的小行星被牵引与火星发生撞击，至少会产生两种效果：撞击产生大量的热量会使火星温度升高，并提升火星上温室气体的浓度。即使只是单纯的一颗体积巨大的小行星撞击火星，就可以使火星表面的温度提高3℃。不幸的是，撞击也会产生其他灾难性后果：有可能会引起类似“核冬天”的效应，大量尘埃被注入火星大气中，吸收太阳光的热量，从而将使火星降温而非升温，大大拖慢火星改造的时间进程。并且，氨具有腐蚀性，相对于二氧化碳，如果大气中存在大量的氨气，将对人体产生更加不利的影响。但最终，太阳光将会使氨气分解成氢气和氮气。一部分氢气会与火星风化层中的铁氧化物发生反应并产生水。同时，由于火星的引力很弱，一部分氢气则会逃逸到太空中。

还有一个非常不实际的使火星升温的方法，是发送一个机器人驾驶的宇宙飞船到一个类似于泰坦（Titan）的星球——土星的卫星之一，该星球富含碳氢化合物；并设法在泰坦流动的甲烷河流和海洋中吸取液态甲烷，然后运送到火星。如果类似于甲烷这样的碳氢化合物被释放到火星大气中，将产生水蒸气和二氧化碳这两种温室气体。

在地球上我们已经得到过教训，一些含氟气体比普通的二氧化碳和水蒸气具有更强的温室效应。氟氯烃类化合物，即CFCs，就是一个例子。在地球上，它们就被证明是极强的温室气体，由于会对臭氧层造成破坏，已经在全球范围内被禁止用于喷雾器、冰箱以及空调生产。而到了火星上，它们也许正是解决问题的方法。科学家认为，在地球上的工厂中制造全氟碳化物（PFCs）所需的所有因素，在火星上也可以满足。我们建立这类工厂，生产这类支持我们冰箱、空调工作的气体已经有数10年之久，对于相关技术已经十分熟悉。但要制造足以影响整个火星大气环境的全氟碳化物，将需要能够容纳几千名工人同时工作的巨型工厂，这在人类建立起第一座火星城市之前恐怕难以实现。

成本最低的一种使火星变暖的方式可能是利用特殊的细菌将氮和水转化成氨气，或者将水和二氧化碳转化成甲烷。这有点像一个悖论：为了在火星上得到液态水，我们需要使火星变暖；而没有液态水，我们又无法使火星变暖。这个问题可以留给像克莱格·文特尔（J. Crag Venter）这样的科学家，克莱格·文特尔是首批绘制人类基因图谱的科学家之一。文特尔早已开始尝试改造现有的微生物。比如，石油公司可以将经过生物工程改造的细菌用在老石油矿井中，这些矿井可能还含有20%左右的原油储量，但很难开采。特定的细菌种类可以寄居在石油中，消耗石油而排出代谢废弃物甲烷——天然气的主要成分。

我们处于为了特殊用途而培育新品种细菌研究的尖端。如果真的培育出能够在火星风化层里的矿床上生活并释放全氟碳化物的细菌种类，火星可以在很短的时间内变成一个更暖和的地方。即使只利用现有的细菌种类生成氨气和甲烷，火星也可以在几十年的时间里变得温暖得多。甲烷和氨气同时还可以帮助人类隔离太阳和宇宙辐射。

一个运用新品种细菌方案的问题是，它们一旦被使用，可能就很难被停止。20世纪30年代，美国农民使用葛藤种子以防治土壤流失。葛藤并非美国本土植物，已经被鉴定为外来入侵物种。至今，葛藤已经蔓延覆盖了美国南部的很多地方。

这些方案，不管是让小行星撞击火星表面，还是利用经过基因改造的细菌排放温室气体，仍然存在各种各样的问题。最简单易行的一种方法——至少在星球改造工程的初期——仍然是利用太阳帆使火星两极升温。利用太阳帆的主要问题是成本，但这种方法的好处是不需要用到我们至今尚未掌握的技术。

一旦火星升温到足够的温度使水开始流动，我们应该就可以向火星移植一些顽强的地球植物，在那里，它们将很容易在富含二氧化碳的大气中生长，并迅速繁殖。随着植物覆盖范围的扩大，将产生数量可观的氧气。但氧气并非温室气体，相反，可能会有降低火星气温的作用。由于火星大气稀薄，火星引力场较弱，并且我们引入到火星的温室气体最终都会被分解，因此，持续地补充和改造火星大气是很有必要的。正如在地球上我们要栽种植物屏障来过滤和净化水源，火星上的居民们将必须种植植物以维持火星大气密度并可供人类呼吸。

在我们所设计的火星改造行动计划中，很多环节之间的相互作用既可能是有利的，也可能伴随着不可预知的危险。如果乐观的话，越多固态水融化成流动水，就有越多的细菌可以将硝酸盐降解，生成氮气并排入大气中——使火星的大气环境更有利于植物生长，进而增加火星大气中氧气的含量。这些过程之间有着惊人的互相促进作用。

唤醒远古的生命

在星球改造的过程中，可能存在一些王牌，包括唤醒远古生物的可能性。如果我们在脑海中回想，水曾经在火星上流动过，并且大型湖泊、河流以及一片海洋曾经存在过，而且大气层曾经稠密，就很难相信这个星球没有生命存在过。尽管我们还没有证据证明在火星的什么地方曾经存在过生命，但“好奇号”探测器已经证明火星确实存在形成生命基本单元的化学物质。我们都知道，水是支撑生命的关键要素，因此我们有理由相信火星并不是一直像如今看起来这般毫无生命迹象。

实际上，一种关于地球上生命起源的理论就与火星有关。在太阳系形成的早期，大量的小行星和彗星在太阳系中飞行，巨大的火星陨石被撞击进入太空。如果这些陨石中包含生命，它们就有可能随着撞向地球的那些火星陨石而来到这个新的家园。我们已经有证据证明，微生物可以经受宇宙空间旅行。人们普遍相信，大约在地球上生命出现的时期，火星上曾经存在流动的水。如果火星上的确存在过生命，那么这些生命也就有可能是先于地球生命的出现。这也就意味着地球上的生命有可能是起源于火星。

但这个理论反过来也可以成立。在地球的早期阶段，也有大量的巨型陨石被小行星撞击进入太空。月球的形成就有可能是由于某个大型天体与地球撞击的后果。如果我们在火星上找到与地球上类似的生物，那么这两个行星之间的协同作用，以及究竟是谁孕育了谁的生命，将形成另一个震惊世人的谜题。更重要的任务是，找到火星上还存活着的微生物。这样的发现将是火星移民们的巨大福音，因为这些生物无疑将十分适应火星的环境。如果这些微生物在火星重新流动起来的水中被大量复活，我们可以通过猜想来推断它们对火星大气环境的改善作用，以及出现更多高级的火星生命将带来怎样的影响。尽管早期的探索没有找到明确的证据证明火星上存在生命，但在火星上的水重新流动起来之前，我们可能还不能断言生命是否在火星上存在。

只有到那时，我们才能知道在火星风化层、岩石下，以及地下深处的热井和被地热效应温暖着的地下含水层究竟有没有潜藏着什么。

随着火星变暖，早期居民可能在某一个醒来的早晨发现他们的脚下有类似于苔藓的植物在生长。如果真的出现随着火星变暖而复苏的火星生物，它们将极大地加快人类对火星的适应过程。当然，这些生物也可能身怀剧毒，能够穿透哪怕是最好的宇航服，会将火星上的所有人类都杀死。但基于我们对地球上生物的了解，后一种情况出现的可能性并不大。

另一张王牌与我们将要带到火星的生物以及它们将如何适应火星环境有关。不管我们对宇宙飞船在从地球发射之前进行了多么彻底的清洁，仍然会有一些微生物搭上这个“顺风车”。怀疑已经降落在火星上的“好奇号”等探测器是否携带着细菌是愚蠢的，因为我们都知道，这些探测器被组装的清洁室一定不可能如我们所想那般完全干净。通过这样或者那样的途经，我们总会将一些生命带到火星大陆上。而且这些生命很可能会找到方法繁衍生息下去，尤其是如果我们可以让火星上出现流动水源的话。

星球改造既面临如何使火星变暖这样的短期问题，也面临如何将有毒的火星空气改造得可供人类呼吸这样的长期问题。这个难题在前面的章节已经有过阐述，但仍然值得在关于火星改造的内容里再次被讨论，因为获得可呼吸的空气在目前看来，是火星居民们将面临的挑战性最大、最费时间、所需成本最高的一个课题。那些推动过火星最前沿研究的个人和组织们，有理由对我们可以运用必要的技术力量使火星变暖并获得流动水源保持乐观。至于在星球改造过程中获得人类可呼吸空气的问题，相对于时间投入，更在于我们愿意投入多少资金。利用最快也是最昂贵的技术，可以使火星环境在短短几十年间发生重大变化。但是要使火星大气中具有适当的氧气，这项工作可能会需要花费千年以上的时间。

人类还面临两个方面的重大难题。第一个问题，人类在地球上呼吸的是由21%的氧气和78%的氮气所组成的混合空气。这个比例很重要。如果氧气的比例偏低几个百分点，我们就会感觉缺氧；而如果氧气含量高了几个百分点，则会对我们的肺部造成损害。我们所呼吸的氮气是占空间的缓冲气体——它并不与我们的肺发生作用，我们会在吸入空气以后将氮气呼出体外。尽管如此，从体积来看，氮气占到了空气的绝大部分。惰性气体氩气或者氮氩混合气可能会是我们改造火星大气的希望。因此，我们不仅要找到足够的氧气注入大气，还要将目前二氧化碳浓度高达95%的火星空气中的大部分二氧化碳替换成惰性气体。而让事情更复杂的是，即使我们能将火星空气重新调配成功，火星气温可能会随着二氧化碳浓度的降低而变冷。一个由氧气和氮气或者其他惰性气体组成的大气环境没有温室效应；地球的温度得以保持是因为大气层中存在着大量的水蒸气，再加上其他的一些因素。假如，当我们将火星的温度提高到一定程度，使固态水融化，大量的水蒸气进入火星大气中，火星上可能会马上下雨和下雪，而不能使水蒸气停留在大气中。

相对于星球改造过程中的其他课题，科学家和工程师们关于如何使火星有氧化的提案显得粗略和含糊得多。火星空气改造的所有技术并未齐备。我们可以充分地想象将如何实施火星大气环境改造，但我们并不能确定在第一次真正的尝试中就可以成功。而且在实施的过程中我们也必须十分谨慎，因为一旦出现问题，我们可能并没有机会去修补已经犯下的错误。

即使是最乐观积极的火星大气环境方案，也计划要用900年的时间才可完成。而在这样的时间范围里，人类也有可能会发生惊人的进化，因此有理由相信我们是可以成功的。如今距离“阿波罗11号”飞船登陆月球还不到50年时间。随着我们知识的积累以每隔几年就会翻倍的速度增长，从现在开始的两三百年后，我们一定会对这个问题有更深刻的认识。并且这其中还有一个催化剂——我们的基因改造能力，

尤其是植物的基因改造能力，正在像光速一样急剧发展。尽管在地球上“基因改造”可能是一个邪恶之词，但它可能正是我们能否在火星创建一个可供人类呼吸的大气环境的答案所在。

让我们来梳理一下目前已经掌握的关于火星大气改造的认识。随着我们将火星变暖，水开始流动，水合反应将会发生，进而产生硝酸盐并释放氮气，这将对植物生长起到很关键的作用。我们种植的植物越多，火星上就会有越多的氧气。而且，当水流过风化层，会把里面的很多氧化物分解，释放出氧气。在遍布火星的红色尘埃里有数量庞大的氧原子，这些尘埃的主要成分是铁氧化物。

可以利用一些小型的核驱动的机器在火星表面四处游走，掀起火星表面的尘埃，并将它们加热，释放出氧气。（但想象使用上百万个割草机一样的机器在火星上工作还有点不切实际，这需要消耗大量的能源。）一个更好的主意是按照罗伯特·组布林的理论，先向火星引入细菌和原始植物来启动使之有氧化的工程，这将为后期引入更高级的植物产生更多氧气创造基础条件。

太阳和宇宙辐射会是植物生长的不利因素之一，但随着火星变暖以及火星大气变得更加浓密——虽然是以二氧化碳为主——辐射的危害可以大大地被减弱。正如前面的章节中已经提到过，虽然大量二氧化碳的存在对人类生存有很大危害，却有利于植物的生长。植物可以消耗二氧化碳并排出氧气。已故的物理学家理查德·费曼（Richard Feyman）常说，树其实不是陆地植物——它们在空气中生长。植物主要依靠阳光和二氧化碳生长，当然，大部分植物也需要依靠土壤获得水分。植物在火星这个富含二氧化碳的环境中将繁盛生长，而我们的基因改造能力应该也会创造出一些可以在火星上生长得更好、更快的植物品种。最终，基因改造可能是拥有可呼吸空气的关键。我们知道不能指望植物自己就能完成任务——它们必须被彻底改造，才能在高辐射、低大气压力并且缺乏氮气的环境中生存。

植物，当然只是整个解决方案的一部分。因为随着我们对于细菌和微生物基因改造能力的快速提升，我们更可能会创造出全新的生物，它们也许可以消耗火星上我们不需要的物质，比如二氧化碳；然后排放出我们需要的物质，比如氧气和氮气。

关于火星大气环境改造需要上千年时间的估计，并没有计入可预见的科学和技术进步因素。2014年9月，美国宇航局的“MAVEN”探测器进入火星轨道。它主要是被设计用于研究火星的高层大气和电离层，以测知目前火星上留存的大气有多少正在被太阳风卷入太空。整个计划为期一年，将尝试探究曾经是什么让火星从一个温暖湿润的星球变成了如今这样寒冷干旱的地方。“MAVEN”探测器可能会带来很多新消息。

我们所确知的是，我们关于火星的认识正在呈指数级增加，我们的生物工程技术也在快速增长，人类正在迅速变得更加聪明。回想一下300年前的18世纪我们对生物科技和化学的认识，然后想象一下从现在起的300年之后，也就是2300年我们可能获得的科学认知。我们目前掌握的大部分知识到那时都会显得古老而过时。

改造火星还是改造人类

我们在基因编辑方面做得越来越好，可以通过去除一些和加入另外一些基因来调整细胞内的基因结构。我们也越来越善于利用病毒进入人体细胞的核心并改变遗传密码。到目前为止，相关的研究主要是以治疗疾病为方向。但在不久的将来——可能是50年之内——我们就可以对人类进行基因改造。实际上，通过一些隐秘的途径，这项工作已经开始了。并且，大自然其实已经对人类进行过基因改造了。人体有多达8%的遗传密码是来自在人类亿万年的进化历史中曾经攻击过我们的病毒，这些病毒进入我们的细胞内部，改变了我们的DNA（脱氧

核糖核酸）结构，以帮助它们进行自我复制。我们现在所做的，就是在重复大自然的这一过程——利用病毒进入人体细胞，并改造它们。位于圣地亚哥的塞拉登（Celladon）公司所研发的通过改变心脏肌肉细胞结构的方式治疗心力衰竭疾病的方案，正在进行美国食品和药物管理局（FDA）第二阶段的试验。他们所做的就是进行心脏细胞的改造。这种思路也可以被用于宏大的火星改造计划：为什么我们不重新设计人类的肺或者血细胞，使它们具备从二氧化碳分子中分离出碳元素的能力？如果觉得我们在300年之后还无法做到这一点就显得太幼稚天真了。

这样看来，人类是否能够在火星生存下来的问题，可能并不在于我们要如何改造火星，而在于我们要如何改造人类本身。这似乎看起来有些令人生畏，但改造人类基因的技术已经触手可及。在用于治疗疾病和使人类具备更强抵抗力时，我们全心全意地拥抱基因改造技术。我们很快就会达到一个由人类自己而非大自然来主宰人类进化过程的时代。没有理由不将这样的知识和技术运用到使火星——这一人类的后备家园——更适宜人类居住的工程中来。

“我认为宇航员的身体应该通过基因治疗方案进行强化，”安吉洛·维米伦说，“人体并不适宜太空旅行。我们知道有些人比其他人更少受到辐射的影响。我们会找出原因，并对基因进行改造，使人类可以更好地适应高辐射环境。”

可能我们并不能在一代人的时间里完成基因改造，使人类可以呼吸火星上以二氧化碳为主的空气，但我希望我们可以对人类的精子和卵子进行基因改造，使这样的改变可以在我们的后辈们身上获得成功。基因工程将不再是幻想，它正在成为现实。并且，随着时间的向前推移，我们可能会同时在星球改造技术和人类基因改造两个方面都取得比较大的进展，最终可能会达到一个汇合点：火星大气二氧化碳浓度降低至40%，而经过基因改造的人也可以在二氧化碳浓度高达

40%的空气中呼吸。基因技术和星球改造技术可能会创造一个可喜的平衡。

改造人类看起来似乎比改造一个行星更加荒诞，但如今我们对前一种技术的掌握程度要远远优于后者。可能要使用一种原本只有上帝掌握的能力有些令人不安，但精灵已经从瓶子里被释放出来了，为了生存，人类必须拥抱这种能力。

第八章
动机是淘金?

遗憾的是，驱使人们尝试改造火星环境，使人类可以抛开压力服和氧气面罩轻松生活的根本原因，并非人类意识到自己正在破坏地球上赖以生存的环境，或者人类必须在太阳衰退并将地球吞没或者抛出地球轨道之前成为一种星际生存物种。人们前往火星的动机，与当初西班牙人前往新大陆，以及农民们前往加利福尼亚的动机一样——为了得到财富。正如曾经的人们赶往新的疆域时一样，进步常常由人们希望从头开始的愿望以及发现财富的欲望所驱动。其中一些人是通过帮助人们到达新大陆而发家致富的，埃隆·马斯克就清晰地看到，他的太空探索技术公司会继续这一传统。他已经计算出了前往火星的单程旅程的票价。

大约在火星居民的第一、二、三轮火星开发浪潮之后，他们可能会发现金子并不在农场主所说的河床下，然后他们可能会开始注意到隐藏在美国宇航局网站上的一条关于近地小行星带的描述：“火星与木星轨道之间的小行星带中的某些小行星上蕴藏着丰富的矿藏，这些矿藏的价值如果被分给地球上的所有居民，平均每个人可以得到1 000亿美元的财富。”

火星与木星之间的小行星带里蕴藏着极为丰富的金属矿藏，但要从地球上出发去开采这些矿藏十分困难，部分原因是要克服地球重力进行火箭发射成本高昂。但火星的引力很弱，所以，从火星上向小行星发射火箭成本会低一些。另外还有一个有利因素——火星到小行星们的距离远远小于地球与它们之间的距离。一旦在火星上建立基地，从火星去开发小行星将比以地球为基地进行开发要便宜和容易得多。

然而，马斯克认为，如果以火星为基地开采的小行星矿藏需要被运回地球，成本依然太高，而火星上简单的商业活动将维持一定的火星人口。“火星殖民者们的经济活动将与人类在地球上一样——从钢铁铸造厂到必胜客的所有经济活动都有，”马斯克说，“至于他们会从火星上运回地球的东西，我认为将主要是一些智能产品。可能主要是文娱产品、软件产品或者是其他一些可以通过光子传输而非以原子形式运输的产品。任何需要以原子形式运输的东西都会因为重量的原因变得很贵，因为将它们运回地球的成本会很高……在我的构想中，返程的货物（搭乘从火星返回的宇宙飞船）将少于出发时的货物。因为从火星返回的宇宙飞船没有推进器。”

尽管如此，我们可能还是需要以远远超出大家猜想的速度进行小行星开发。随着地球突破80亿人口大关，很多重要的金属资源储量都快要用完了——即使是一些我们一直认为很常见的金属，比如铜。地壳中的很多金属矿藏将要枯竭，地球上大多数容易开采的金矿、银矿、铜矿、锡矿、锌矿、锑矿和磷矿可能将在100年内开采殆尽。这看起来多少有些讽刺，对于制造业和电子行业十分关键的金属和矿产资源，原本就是从小行星来到地球的。在地球还只是一个融化的大球的时候，由于强劲的地心引力，地球上原本含有的镍、钯、钼、钴、铑和锇等元素下沉到了地核中。后来，地球逐渐冷却并形成了地壳，当时太阳系环境还在形成阶段，下起了一场“小行星雨”，将很多稀有金属和半稀有金属带到了地球上。如今我们采掘用于现代制造业的，正是这些小行星带来的金属资源。

美国宇航局和很多非政府太空机会主义者们都已经发现了小行星带里的金属矿藏。但并不是所有人都意识到了，从火星上出发去开采金属矿藏（比以地球为基地进行开采）要现实得多。火星和小行星谷神星（Ceres）都是发射采矿设备的理想基地：可以从那里发射造价相对可承受的货物飞船，并将它们送入成本较低的霍夫曼转移轨道，几个月以后，这些飞船就会降落到地球上（或者回到火星，这将需要利

用火星上的资源来建立和维持基地）。下面这样的想象应该不算太离谱：利用采矿飞船往返火星与小行星之间，带回矿产资源，并在火星上建立工厂，将这些稀有金属和元素加工成产品，然后将成品运回地球。假想一下，我们正在用着iPhone 30，可能我们会在它的机身上看到“火星制造”（Made on Mars）的字样。

小行星上蕴藏的财富就像存在银行里的钱。一个12米长的S-型小行星（大约有15%的小行星都是S-型的）就可能含有超过500万顿的镍、金、铂、铑、铁和钴。这不可能不引起人们的注意。2012年，一家公司被重组并更名为“行星资源有限责任公司”（Planetary Resources, Inc.），新成立的公司主要从事小行星的矿产资源开发。这家公司的投资者包括谷歌前首席执行官埃里克·施密特和谷歌创始人之一拉里·佩奇。行星资源公司在2013年有了追随者，深空工业（Deep Space Industries）。深空工业公司的网站现在看起来像是一个科幻电影站点，展示着一些科幻图片——这些图片中有立方体卫星、勘察车，还有在太空中进行组装和作业而不用进入行星大气层的采矿飞船。深空工业的首席科学家是约翰·路易斯（John S. Lewis），毕业于麻省理工大学和亚利桑那大学，是《宇宙开发：小行星、彗星和行星所蕴含的无尽财富》（*Mining the Sky：Untold Riches from the Asteroids, Comets,and Planets*）一书的作者。这看起来有点像科幻小说，但其实是严肃读物。深空工业已经取得了美国宇航局的咨询业务订单，为美国宇航局的小行星开发项目提供咨询，并已经开始设计小型的宇宙飞船以用于进行潜在矿井的勘查。深空工业计划于2023年进行第一次实际的小行星钻探作业。美国宇航局也计划在那之前向小行星发射一艘载人的“猎户座”飞船。

一旦火星上有一个基地顺利运转起来，人们一定会蜂拥而至。只需要大概看一下在地球上每年有多少人从一个国家向另一个国家迁移，就会知道地球上其实有很大一群人希望到一个未来看起来更加光明的地方去。这也是人类精神的一部分。

以美国移民为例，实际上很多人都不知道美国移民数量在以多快的速度增长。1620年，“五月花号”载着102名移民来到美国马萨诸塞州的普利茅斯港。在那之后的仅仅10年，他们已经建立起了波士顿这座城市；而截至1640年，已经有超过3万名移民来到美国，他们中的大多数人向美国西部扩散。詹姆斯敦（弗吉尼亚州前身）是美国第一个永久殖民地，在1607年的一开始有104名居民，在次年的第一只补给货船抵达之前，只有35人活了下来。但就在1622年，“五月花号”到达美国之后的很短时间，弗吉尼亚州的人口已经增长到了1 400人。不过，火星居民数量可能不会以如此迅猛的速度增长，尽管在17世纪穿越大西洋的单程海上航行时间，可以比得上乘坐宇宙飞船从地球达到火星的时间；而成本，按照相对价值计算，差距也并不是那么大。

火星将会是我们的新边疆、新希望，以及上百万个尽一切努力想要抓住火星机遇的地球人的新宿命。

所有关于定居火星的讨论都有必要注意到“需要”和“贪婪”之间的界线。尽管火星上没有原住民要征服，仍然很容易出现追求资源狂热无度、对火星环境进行毁灭性破坏、摧毁富有科学探索价值的遗址甚至是重新尝试契约奴役制等不文明的情况。1967年制定的《外层空间条约》（*Outer Space Treaty*），以及随后出现的很多其他条约就是尝试在地球以外的地方建立起共同行为准则。但人类已经证明了他们需要法律来约束自己的行为，也同时需要监督执法者。

如果我们做错了，犯了人类历史上曾经犯过的那些错误，结果将是毁灭性的。但如果我们做对了，将对人类未来产生巨大的利益。

第九章
从大航海时代到星际旅行

在大约500年以前，费迪南德·麦哲伦带领着5艘船开始了向西的环球航行，计划在重新回到欧洲大陆前永不靠岸。尽管麦哲伦的目的只是找到一条通往亚洲的新航线，但这趟航程的结果充满了未知数。除了哥伦布和另外一些航海家的探险之旅外，没有人知道是否能够从大西洋驾船进入太平洋。麦哲伦的船队出发时只带了两年的货物补给，但这趟旅行实际上花了3年时间。船队最后只剩下了一艘船，其他4艘都失踪或者被毁；大部分船员都在航行中身亡，包括麦哲伦自己也死于菲律宾的一次部落冲突。生存下来是十分艰难的，能依靠的经常只有他们自己的智慧。

麦哲伦的最终航行让一切都发生了变化，开启了大航海时代。随着地球上各个大洲和各大人类文明被海上航线联结起来，对于人们来说，地球就像是变大了一倍。前所未闻的新奇资源突然变得触手可及了。人们也不再局限于一个城市或者一个区域——他们想成为整个地球的居民。曾经认为无法逾越的遥远距离变短了。一些旧的帝国被摧毁了，又有一些新的帝国被成立。玉米被传到了欧洲，马也被带到了美洲大陆。一些经济体繁荣兴盛起来，而另一些则衰退下去。人们关于世界的认识彼此影响，极大扩展，也更加多元化。

征服火星的旅程能产生的影响，将使大航海时代在人类历史中显得微不足道。到那时，人类的世界将包含整个太阳系，而非仅仅是地球这一个行星。我们以整个行星为对象的地质工程能力将蓬勃发展。在先辈们看起来完全没有可能的贸易通道将被建立起来。地球将获得

它所急切需要的金属资源，也会尽一切可能获得拯救地球环境的科学技术。能够在另一个地方开始新生活的机会将为上百万人带来希望。

我们必须心无旁骛，不惜一切代价地拯救我们的地球家园——在人类的认知范围里，再也找不到一个像地球这样的地方。这样的理念是在人们意识到地球环境的脆弱性之后确立起来的。那层笼罩着地球、看起来无比稀薄的蓝色薄雾，就是所有可供人类呼吸的空气了？确实，绝大多数人类呼吸的氧气都包含在地面之上大约1 500米的空中。从遥远的太空深处俯瞰地球，也许会带来完全不一样的感受，也许会为成千上万的人带来新的启发：对于各种因素是如何交织在一起形成一个有限的生态系统，我们将会获得更充分的感性和理性认识；人类也会获得关于生命意义更深刻的理解。通向火星的旅程可能会为我们提供一个从更客观真实的角度认识地球的视角，我们决不应该错过这样的机会。

但是，拯救地球环境与星际探索并不矛盾，我们能不能两者兼顾呢？我们能不能既向着建设星际社会而努力，同时也尽可能找到一种人类与地球环境和谐共处的方式？我们能不能通过改造火星的实验，找到治理地球环境的更好方法？我们能不能从以往地球上殖民者破坏和瓦解当地文明的错误中吸取教训，在火星开发中不再重蹈覆辙？我们这一次新的“大航海时代”发现之旅能不能为人类带来希望，保留和发扬人类精神当中最好的东西——我们不可思议的人类文明，确保人类的延续传承，并带领人类走进更辉煌的未来？

致谢

感谢克里斯·安德森（Chris Anderson）在我宁愿多花时间跟他一起研究四轴飞行器的时候坚持要我写下此书；感谢米歇尔·昆特（Michelle Quint）对此书进行出色的结构编排；感谢亚历克斯·卡尔普（Alex Carp）的不厌其烦，保证了此书的严谨；感谢约翰·豪斯（John House）在一些并不起眼的网站上找到十分有意思的火星趣闻；感谢胡安·恩里奎斯（Juan Enriquez）让我时刻牢记人类可以达到的成就；感谢我亲爱的妻子——琪·波尔曼（Chee Pearlman），尽管她认为人类有很多比征服火星更值得去做的事，仍然一如既往地支持我的工作。

TED思想的力量系列

TED思想的力量系列是介绍重要观念的轻阅读系列，由TED团队策划制作，筛选专注于某个领域又善于讲故事的演讲者与作者，策划出涵盖多元领域的一系列TED图书。该系列所涉及的主题非常广泛，从建筑、商业、太空旅行到爱情，包罗万象，是所有充满好奇心、热爱广泛学习的读者的完美选择。在TED.com上，每一本书都有搭配的相关TED演讲，接续演讲未尽之处。

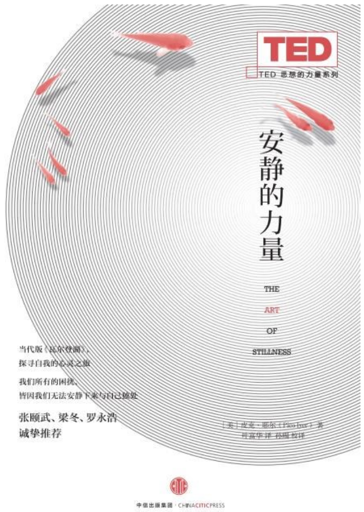
18分钟的演讲或播下种子，或激发想象，许多演讲都开启了想要知道得更深、想学得更多的渴望，本系列正满足了这个需求。



我父亲是恐怖分子

易卜拉欣在恐怖主义的阴影中度过了童年。在父亲锒铛入狱后，他和家人搬家二十余次，却始终在精神上受父亲罪行的困扰，并因此受他人的排挤与控诉。尽管思想极端的父亲试图将他的狂热信仰灌输

到易卜拉欣的脑中，这个羞怯而笨拙的男孩却从未与仇恨产生共鸣。随着年龄的增长，逐渐了解父亲恐怖主义行为的易卜拉欣，开始了自己的逃亡之旅。



安静的力量

当代版《瓦尔登湖》，探寻自我的心灵之旅。

我们所有的困扰，皆因我们无法安静下来与自己独处。



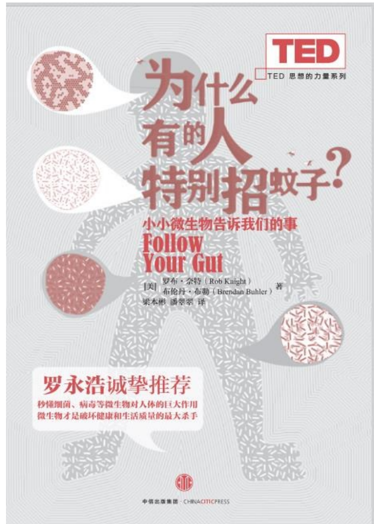
爱情数学

寻找完美伴侣真的那么难吗？数学家汉娜·弗莱博士巧妙揭示了爱情中隐藏的数学规律，展示了数学在爱情问题上的妙用，给出了告别单身、保持优质婚姻的重要秘诀！



未来建筑的100种可能

《未来建筑的100种可能》堪称一个建筑百宝箱，著名建筑设计师马克·库什纳从地球的七大洲（暂不涉及其他星球），搜集了当今和未来最富创意、最具突破性的100余座建筑——排污管道改造成的餐厅，能里外翻转的办公楼，可以充气的演奏大厅，3D打印的住宅……这本书将突破你的思维边界，为你呈现人类生存空间的无限可能。



为什么有的人特别招蚊子?

为什么相对于顺产，剖宫产的婴儿更容易得免疫系统疾病? 为什么城市里长大的孩子过敏、哮喘、得肠炎的概率高? 为什么有的人特别招蚊子，而有的人容易得牙周疾病和胃溃疡?

这一切都与人体微生物有关。

让我们跟随权威学者罗布·奈特和布伦丹·布勒的指引，走入鲜为人知的微观世界，认识小小微生物的巨大威力，学会正确与微生物相处，拥有健康自在的人生。



我们为什么要去火星?

埃隆·马斯克为什么执著于火星探索?他本世纪末送8万人移民火星的计划是否为痴人说梦?登陆火星有没有具体时间表?相关技术是否已经成熟?探险家在漫长的旅行中需要克服哪些困难?在火星生存如何解决氧气、食物、水等基本需求?移民火星的成本到底有多高?……

游走于科技前沿的彼得拉内克,用严肃且不失风趣的笔触,烧脑解读人类如何实现从地球到火星的移民梦想。